Astronomia per tutti

Volume 2

Neofiti: Qualità del cielo e inquinamento luminoso

Costellazioni: Cane Maggione e Unicorno

Astrofotografia: Le prime foto al cielo

Ricerca amatoriale: Gli errori di misura

Astrofisica: Differenza tra stella e pianeta

Astronautica: Storia del volo spaziale: gli Shuttle

Attualità: Pianeti extrasolari, ultime news

Domande e risposte

Daniele Gasparri

Daniele Gasparri

Astronomia per tutti: volume 2

Tutti i miei libri (oltre 20) sono raggiungibili a questo link

Clicca qui per vedere gli altri volumi di Astronomia per tutti

Indice

In copertina: La Mineral Moon, letteralmente Luna minerale, è una semplice fotografia con colori accentuati che mostra le reali tonalità del nostro satellite. Di solito scattata con una normale reflex, evidenzia terreni con una diversa composizione chimica. Canon 450D, telescopio C14. Mosaico di due pannelli composti da 15 immagini ciascuno.

Presentazione

Partita ufficialmente il mese scorso, grazie al vostro aiuto prosegue con entusiasmo e passione questo nuovo modo di divulgare l'astronomia.

Come anticipato, da questo numero in poi sarà possibile leggere i volumi solo dopo averli acquistati al prezzo simbolico di 2,5 euro, sia in formato PDF che Kindle. Non ho volutamente scelto il formato EPUB per un motivo semplice: tutti gli e-reader supportano anche il PDF, mentre la struttura dei volumi, impaginati con numerose immagini, rende di difficile lettura il formato EPUB, abbassando sicuramente la qualità globale dei contenuti.

Come prassi ogni file, una volta acquistato e scaricato, è libero da qualsiasi vincolo per la stampa e la copia su tutti i dispositivi personali. Non credo e non ho mai creduto nei lucchetti digitali, che alla fine danneggiano solamente chi si trova nel giusto.

Con questo secondo numero cominciamo ad addentrarci nelle categorie di astronomia pratica e teorica, dopo le dovute introduzioni viste nel volume precedente.

Nella sezione neofiti parleremo della qualità del cielo e dell'inquinamento luminoso, presentando la scala di Bortle e racconti personali che descrivono la bellezza del cielo incontaminato da luci artificiali, qualcosa che noi non vedremo mai qui in Italia e in buona parte dell'Europa.

Nella categoria astrofotografia proveremo, senza troppi fronzoli e teoria, a scattare le prime foto, con una reflex digitale o le piccole digitali compatte.

Per quanto riguarda la ricerca amatoriale parleremo degli errori di misura e della loro propagazione in ogni tipo di lavoro, comprese le delicate sessioni astronomiche. Ci sarà qualche formula, ma non fatevi spaventare: il succo dell'articolo è quello di rendere consapevoli che ogni misurazione, anche la più precisa, è affetta da un errore che nel campo della ricerca non può essere mai ignorato.

La parte di astronomia teorica si apre con un'analisi approfondita sulle differenze fisiche tra una stella e un pianeta, che in certi casi possono essere molto più sottili di quanto si possa pensare.

Continueremo la storia dei voli nello spazio affrontando l'epopea, ormai conclusa, degli Space Shuttle, e concluderemo il viaggio dando un'occhiata a qualche pianeta interessante delle diverse centinaia ormai scoperti. Siamo vicini all'individuazione di una seconda Terra? Forse si, forse no…

Daniele Gasparri
Gennaio 2013

Neofiti

In questa sezione, che verrà estratta dal mio libro: "Primo incontro con il cielo stellato", affronterò insieme a tutti gli appassionati il difficile ma appassionante cammino verso l'osservazione consapevole dell'Universo e dei fantastici oggetti che ci nasconde.

Si tratta di un vero e proprio corso di astronomia di base che parte dalle fondamenta per giungere, con la dovuta calma e pazienza, alla scelta del telescopio e ai consigli sugli oggetti celesti da osservare.

Per ora limitiamoci a familiarizzare con l'astronomia, a capire di cosa parla e quali corpi e fenomeni troverete lungo il cammino.

Un consiglio prima di iniziare: preparatevi a continue e sbalorditive sorprese!

L’inquinamento luminoso e la qualità del cielo

L’inquinamento luminoso generato dalla grande quantità di luci artificiali è un problema molto grande per tutti gli appassionati di astronomia. Ogni luce di città è molto più intensa di qualsiasi stella e spegne letteralmente il cielo, rendendolo un luogo vuoto.

Differenze tra un cielo scuro, lontano dalla città (in alto) ed un cielo illuminato dalle luci artificiali (in basso). L'inquinamento luminoso è estremamente nocivo per l'osservazione del cielo, ad esclusione dei pianeti e della Luna.

La presenza di grandi centri urbani limita la visibilità delle stelle anche se ci si trova ad oltre cento chilometri di distanza. Di fatto, data la grande densità della popolazione italiana, nel nostro paese non esiste più un cielo incontaminato: anche il posto più isolato e buio è troppo vicino ad una grande città per mostrare un cielo perfetto.

L'inquinamento luminoso rappresenta anche uno spreco enorme di energia, visto che tutta la luce che illumina il cielo è persa nello spazio. Sensibilizzare la società a questo problema è un dovere non solo di astronomi e astrofili, ma di chiunque abbia a cuore il rispetto del cielo e del nostro pianeta, continuamente sfruttato dal punto di vista energetico.

Se volete ammirare un cielo che si avvicina a quello che i nostri nonni potevano osservare non più di 50-60 anni fa, dovete recarvi obbligatoriamente in un luogo buio, lontano dalle città, per scoprire un mondo totalmente sorprendente ed affascinante.

In una notte buia, senza il disturbo della Luna, sono visibili ad occhio nudo almeno 3000 stelle, che diventano tranquillamente oltre 5000 per cieli scuri come quelli che si presentano nelle limpide serate invernali ed in montagna.

Non occorre né un binocolo né un telescopio per effettuare le prime, emozionanti, osservazioni, riconoscere stelle, costellazioni, nebulose e pianeti. Il cielo offre uno spettacolo unico a tutti: basta semplicemente alzare lo sguardo e cercare di comprendere, lentamente, cosa sono quei puntini indistinti.

Un cielo davvero scuro toglie il fiato. La Via Lattea estiva, se

presente, riesce ad illuminare debolmente il paesaggio. Giove o Venere, se sono in cielo, riescono a proiettare una debole ombra al suolo.

Poco dopo il tramonto del Sole, o poco prima dell'alba, nella direzione della nostra stella è visibile un debole chiarore chiamato luce zodiacale. Questa sottile striscia è il risultato dalle polveri sparse per il sistema solare illuminate dalla luce solare.

In una notte intera risulteranno visibili decine di deboli meteore, o stelle cadenti, anche lontano dalle famose piogge, ed una miriade di punti simili ad aeroplani solcheranno il cielo, ricordandovi che l'uomo è riuscito a raggiungere lo spazio.

L'Italia centro-settentrionale ripresa di notte dall'astronauta Paolo Nespoli, a bordo della stazione spaziale internazionale. Notate l'inquinamento luminoso.

La scala Bortle

Per cercare di stimare in modo leggermente più preciso la qualità del cielo sotto il quale si osserva, è stata creata una scala, chiamata scala di Bortle, che parte dall'analisi degli oggetti deboli che si possono osservare.

La scala di Bortle è un ottimo indicatore per capire se il cielo dal quale si osserva è in grado di regalare qualche soddisfazione.

Se vogliamo osservare con il telescopio o ad occhio nudo oggetti deboli, dobbiamo avere un cielo che ci permetta di raggiungere, almeno allo zenit, la magnitudine 5,5. Questo è il confine tra un cielo che inizia a considerarsi buono per le osservazioni ed uno completamente inadeguato, per il quale gli stessi telescopi sono quasi sprecati.

Ricordate infatti una regola generica: **qualsiasi strumento astronomico, per quanto potente, è del tutto inutile se utilizzato sotto cieli illuminati dalle luci artificiali.**

In questi casi l'alternativa è spostarsi, oppure osservare solamente gli oggetti più brillanti, come i pianeti, il Sole, la Luna e qualche stella doppia. Questa regola verrà ripetuta molte volte nel corso di questo volume.

La scala di Bortle si basa sulle osservazioni ed è quindi da prendere come un'indicazione di massima, visto che la percezione varia da un individuo all'altro.

Molto importante, come sempre, risulta l'esperienza dell'osservatore, che a parità di condizioni consente di vedere oggetti nettamente più deboli rispetto a coloro che osservano per la prima volta.

Proprio per evitare queste differenze, attualmente esistono in commercio dei piccoli sensori digitali atti a misurare senza

interpretazione la qualità del cielo; ne parleremo meglio nel prossimo paragrafo.

Se avete già fatto qualche osservazione ad occhio nudo, scoprirete ben presto che non avrete mai visto un cielo completamente scuro e purtroppo vi siete persi (involontariamente) uno degli spettacoli più belli della Natura.

La qualità del cielo nella scala di Bortle è suddivisa in 9 livelli, ognuno identificato con un colore e da una breve descrizione degli oggetti e dei fenomeni visibili.

Classe	**Mag. limite occhio nudo / brillanza media del cielo**	**Descrizione del cielo**
		Cielo più scuro in assoluto, incontaminato da luci artificiali. E' perfettamente visibile, lungo tutta l'eclittica, la luce zodiacale e alcuni oggetti diffusi, come M33, M13, M15. Giove, Venere o la Via Lattea nei pressi del Sagittario proiettano delle ombre in terra.

1: Cielo perfettamente scuro	6,7 / 22	Quando non sono presenti il buio è completo, tanto che non si riescono ad osservare le proprie mani con le braccia tese. Qualsiasi nube in cielo è visibile solamente perché meno luminosa del cielo stesso! Le osservazioni telescopiche sono fantastiche attraverso ogni strumento. Telescopi oltre i 200 mm vi mostreranno dettagli incredibili, simili a quelli che potete notare nelle immagini.
2: **Cielo molto scuro**	6,5/ 21,8-21,9	La galassia M33 è ancora visibile in visione diretta, ma con qualche difficoltà. La luce zodiacale è ancora ben visibile. L'airglow, la luminosità naturale del cielo, si può osservare distintamente ma solamente per altezze maggiori di 25°. Il buio non è

		totale, ma è molto difficile notare gli oggetti attorno a noi. Le nubi sono ancora degli oggetti neri più scuri del cielo stesso.
3: Cielo rurale	6,3 / 21,3-21,7	L'inquinamento luminoso si comincia a percepire nei pressi dell'orizzonte. Se vi sono alcune nubi in queste regioni, si possono osservare debolmente illuminate. La luce zodiacale si può osservare distintamente solo in autunno ed in primavera, quando possiede la massima luminosità. Allo zenit il cielo è ancora scuro.
		L'inquinamento luminoso si fa apprezzabile ed è possibile individuare le chiazze causate dai centri abitati. La luce zodiacale si fa

		debole, invisibile sotto i 45° di altezza. La galassia M33 diventa difficile da osservare, se non, debolmente, in visione distolta. La Via Lattea estiva è ancora ben visibile, ma con un contrasto basso che nasconde i dettagli più fini. Restano visibili gli ammassi stellari più brillanti, solamente se posti quasi allo zenit, come M13. La visione telescopica è ancora ricca di soddisfazioni, sebbene strumenti superiori ai 400 mm mostrano una luminosità del cielo piuttosto fastidiosa.
4: Transizione tra cielo rurale e sobborgo	6,0-6,2/ 20,8-21,2	
		L'inquinamento luminoso è evidente. La luce zodiacale è visibile solo in autunno e in primavera, piuttosto debole, e solamente nelle serate più trasparenti. La Via Lattea appare come un fantasma che

5: Cielo sub-urbano	5,6-5,9/ 20,3-20,7	scompare del tutto vicino all'orizzonte: una pallida immagine dello spettacolo che nei cieli più scuri riesce addirittura ad illuminare il paesaggio! Eventuali nubi sono più brillanti del cielo, anche allo zenit.
6: Cielo sub-urbano brillante	5,2-5,5/ 19,7-20,2	La luce zodiacale è definitivamente scomparsa e la Via Lattea è debolmente visibile solamente nei pressi dello zenit. Nessuna speranza di osservare M33 o l'ammasso globulare M13 ad occhio nudo. Solamente la galassia di Andromeda (M31) resta debolmente visibile come un'evanescente macchia, solo nelle serate più limpide. Le osservazioni telescopiche degli oggetti diffusi sono

		difficili e sconsigliate. Meglio dedicarsi alla Luna ed ai pianeti brillanti.
7: Transizione tra cielo sub-urbano e urbano	4,7-5/ 19,0-19,4	Il cielo si è colorato di una tinta grigio-bianco pressoché uniforme. La Via Lattea è impossibile da osservare ad occhio nudo. Solo M31 resta debolissimamente visibile in visione distolta. Le nubi sono piuttosto brillanti. Al telescopio alcuni oggetti stupendi, come la nebulosa di Orione (M42), appaiono pallide copie rispetto allo spettacolo che offrono da cieli scuri. Le osservazioni telescopiche degli oggetti del cielo profondo sono compromesse e prive di spettacolarità.
		Il cielo assume

		una colorazione arancio, così intensa che si possono tranquillamente leggere i titoli dei quotidiani o le pagine di un libro. Le costellazioni più evanescenti (Scutum, ma anche il piccolo carro) risultano incomplete o del tutto invisibili. Al telescopio è possibile intuire solamente gli oggetti diffusi più brillanti e sempre molto evanescenti. Le osservazioni degli oggetti del cielo profondo sono quindi totalmente precluse: possiamo dedicarci solamente alla Luna ed ai pianeti brillanti. L'adattamento al buio è impossibile da raggiungere e questo peggiora ulteriormente la situazione.
8: Cielo di città	4,2-4,5/ 18,3-18,8	
		Il peggiore cielo in assoluto, come si può trovare all'interno delle

9: Cielo metropolitano	< 4 < 18	metropoli (Roma, Milano, Ney York…). Sono visibili solamente le stelle più brillanti, una trentina in tutto il cielo. Quasi tutte le costellazioni sono invisibili ed è impossibile condurre qualsiasi osservazione, se non quella dei pianeti e della Luna.

Come stimare la qualità del cielo

Nella tabella che riassume la scala di *Bortle*, accanto al valore della magnitudine limite ad occhio nudo troviamo una grandezza chiamata brillanza media, in queste situazioni più significativa della magnitudine limite.

Con il termine brillanza o magnitudine superficiale, si intende quantificare la luminosità di una superficie apparente unitaria di cielo.

Contrariamente alle stelle, considerate puntiformi, il cielo ha un'estensione, quindi il valore della luminosità deve essere riferito ad una ben determinata porzione.

Generalmente la magnitudine superficiale esprime la magnitudine di una porzione di cielo con area di 1 secondo d'arco quadrato, vale a dire un quadrato con il lato pari ad 1". Non è raro comunque trovare, soprattutto nei software planetari, un valore che prende in esame un'area di 1 minuto d'arco quadrato. E' facile riconoscere di quale magnitudine superficiale si sta parlando, visto che se consideriamo un'area di un secondo d'arco quadrato i valori che troveremo saranno tutti superiori a 18, mentre se consideriamo i minuti d'arco quadrati i valori trovati saranno intorno a 13-14.

Secondo questa nuova grandezza, un cielo perfetto ha magnitudine superficiale pari a 22 (su un secondo d'arco quadrato), mentre uno urbano raramente supererà la 18.

In questi anni un accessorio, chiamato *Sky Quality Meter*, abbreviato in SQM, è diventato un *must* per tutti i visualisti nella stima della luminosità del cielo stellato. Questo piccolo strumento fornisce, in pochi secondi, la magnitudine superficiale media della zona nella quale è stato indirizzato, senza dover

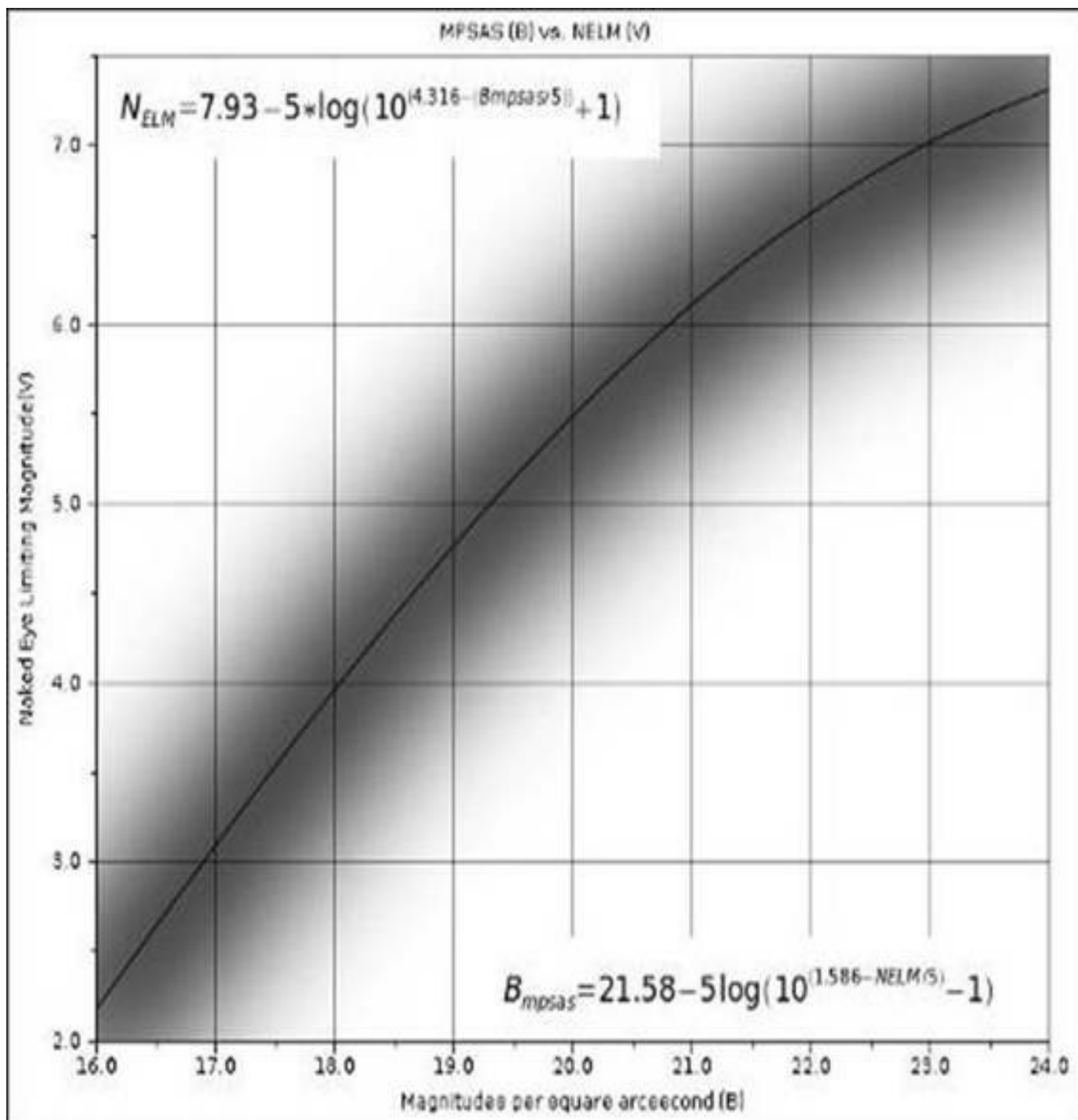
cercare di stimare la magnitudine limite stellare, che tra l'altro dipende da molti fattori fisiologici.

Brillanza (o magnitudine) superficiale e magnitudine limite ad occhio nudo sono comunque quantità legate, sebbene nel passaggio dalla prima alla seconda, viene per forza di cose inserita la variabile umana.

Per gli amanti della matematica, la relazione che consente di passare dal valore fornito dallo SQM alla magnitudine limite ad occhio nudo è la seguente:

$m_{eye} = 7,93\text{-}5log(10^{(4,316-(B/5))}+1)$, dove B è la magnitudine superficiale del cielo.

Se viceversa stimiamo la magnitudine limite attraverso le osservazioni e vogliamo conoscere la relativa brillanza di quella zona, la formula da utilizzare è la seguente:

$B = 21,58\text{-}5log(10^{(1,586-(meye/5))}-1)$

Relazione tra la brillanza superficiale del cielo e la magnitudine limite ad occhio nudo, due quantità che determinano la qualità del cielo, quindi anche la magnitudine limite stellare visibile con un certo telescopio.

La qualità del cielo italiano: alla ricerca del cielo buio

Nella nostra penisola sono pochi i luoghi davvero scuri e sicuramente non esistono cieli appartenenti alla scala Bortle 1.

Solamente qualche località sperduta in mezzo alle Alpi raggiunge la Bortle 2; lungo la fascia peninsulare esistono solamente cieli di Bortle 3.

Una delle zone più scure del centro Italia si trova in Toscana, tra il monte Amiata ed il monte Labbro. In queste località, se ci portiamo ad alta quota (sopra i 1000 metri) siamo in grado di godere di un cielo davvero buono, che nelle serate più favorevoli arriva alla classe 2.

Le regole generali per avere la massima probabilità di un cielo privo di luci e trasparente sono le seguenti:

1) Meglio osservare in zone ad alta quota. Il cielo di montagna, a parità di inquinamento luminoso, è sempre più trasparente di quello di pianura, perché non sono presenti foschie, pulviscolo ed agenti inquinanti.
2) Schermare eventuali fonti di luminosità portandosi, ad esempio, dietro un ostacolo naturale. E' estremamente importante fare in modo che nessuna luce vi colpisca direttamente, altrimenti l'adattamento al buio non si raggiungerà mai.

E' perfettamente naturale che la qualità di un sito osservativo vari nel corso dei giorni, addirittura nel corso della notte. L'inquinamento luminoso, infatti, si trasmette a causa delle particelle solide o di vapore acqueo presenti nell'atmosfera, ed è tanto più evidente, quindi, quanto maggiore è la quantità di particelle in sospensione.

Se volete fare osservazioni telescopiche veramente proficue,

occorre conoscere perfettamente i luoghi verso cui dobbiamo muoverci, alla ricerca del cielo più buio possibile.

Se vivete all'interno di grandi città e non avete la possibilità di spostarvi, meglio lasciar perdere qualsiasi velleità di osservazione degli oggetti del cielo profondo.

Molti astrofili evoluti e determinati spesso si sottopongono a viaggi in macchina superiori ai 100 km per raggiungere un luogo buio.

Chi non ha mai visto un cielo scuro non si può rendere conto di quello che può offrire, sia ad occhio nudo che al telescopio. Se ci sono persone che si fanno centinaia di km un motivo deve pur esserci: una volta visto un cielo davvero scuro farete fatica a rinunciarvi.

La qualità del cielo italiano nella quale si trova concentrata oltre il 95% della popolazione è così scarsa che nessuno di questi osservatori ha mai ammirato la luce zodiacale o la galassia M33 ad occhio nudo.

La descrizione del cielo dei primi due livelli della scala di Bortle lascia perplessi molti osservatori alle prime armi, o coloro che non hanno mai visto un cielo scuro, eppure è perfettamente corrispondente alla realtà, anzi, addirittura leggermente pessimistica.

Astronomi e fisici italiani hanno compilato delle mappe dell'inquinamento luminoso medio in Italia, attraverso numerose misurazioni della brillanza media del cielo. I risultati di questa indagine scientifica sono scoraggianti: In Europa ed in Italia non esistono cieli di Bortle 1. In Italia non esistono nemmeno cieli stabili di classe 2, a meno di non andare nell'entroterra sardo.

La situazione peggiore si ha nel nord Italia, dove la pianura padana, una delle zone più inquinate d'Europa, brilla di una

luminosità visibile anche a centinaia di chilometri di distanza. Per gli osservatori del nord, l'unica speranza è migrare verso le vicine Alpi, salendo di quota. Ottimi siti osservativi (punte di brillanza pari a 21,7, con media di 21,5-21,6) si trovano a Casera Razzo, sulle Tre cime di Lavaredo e in Val Visdende.

Gli osservatori del centro Italia possono dirigersi verso l'entroterra toscano, tra il monte Amiata e il Labbro, una zona che presenta un'ottima qualità del cielo, sicuramente il migliore nell'Italia peninsulare. Anche le zone appenniniche dell'Umbria e delle Marche, sebbene meno scure, sono adatte alle osservazioni degli oggetti del cielo profondo (ottimo il sito di Forche Canapine, provincia di Perugia). Al sud e sulle isole la situazione è leggermente migliore. Ottimi sono i siti osservativi della Silla e del Pollino.

Se invece volete un cielo scuro senza compromessi, accompagnato anche da oggetti che non si possono osservare in Italia e da un meteo estremamente favorevole, compratevi un biglietto aereo per la Namibia e non ve ne vorrete più andare da quel posto così vicino all'Universo. Il turismo astronomico in questo paese nel sud del continente africano ha raggiunto livelli così elevati che trovare posto nelle *farm* astronomiche, che vi offrono anche splendidi telescopi dobson per l'osservazione del cielo, è diventato molto difficile.

Se volete andare in questi luoghi attrezzati per l'osservazione astronomica dovete prenotare con un anno di anticipo!

Le emozioni di un cielo davvero buio

Dal 31 Ottobre al 20 Novembre ho finalmente realizzato un sogno che mi portavo dietro fin da bambino: visitare l'Australia, viaggiare tra le grandi città e le sterminate radure, fino a incontrare il deserto e osservare il Cielo, con la C maiuscola, quella meraviglia che qui in Italia è stato ormai cancellato dallo scempio dell'illuminazione pubblica selvaggia e fuori controllo.

Il Cielo, quell'ambiente che dalle nostre città appare spesso color arancio e privo di qualsiasi interesse, perché popolato al massimo da una manciata di stelle, da un luogo buio, lontano migliaia di chilometri dalle grandi città e centinaia dalle luci artificiali più vicine, si accende come il più grande ed emozionante spettacolo che potremmo mai sperare di vedere.

Quella che segue è la (breve) descrizione di uno dei tanti momenti che mi hanno lasciato senza fiato, dopo aver aspettato 29 lunghi anni per trovarmi sotto un tappeto di stelle non corrotto dalla stupidità e assoluta mancanza di rispetto degli esseri umani.

La mia attrezzatura, stipata nel piccolo baule di questa utilitaria bianca, esce già montata e quasi pronta per l'utilizzo.

La sistemo come viene sul prato, cercando di tenere il treppiedi più possibile in piano. Mi faccio dire dall'ipad dove si trova il polo sud celeste e ci oriento alla meglio l'asse polare della traballante montatura.

Due, tre minuti, non più, perché voglio godermi il cielo che intanto si è fatto bello scuro ovunque, tranne a ovest, dove si vede distintamente un fastidioso chiarore innalzarsi per almeno una trentina di gradi.

“Ragazzi, mi sa che dobbiamo spostarci, vedete quanta luce artificiale c’è laggiù, proprio dove dovrebbe trovarsi la Via Lattea estiva al tramonto?” Che sfortuna colossale, penso tra me e me: siamo in Australia, è un continente più grande dell’Europa con gli abitanti di neanche mezza Italia, possibile che siamo stati così sfortunati da esserci trovati proprio a ridosso di una città così maledettamente inquinata?

Uno strano alone in cielo poco dopo il tramonto del Sole. Inquinamento luminoso o altro?

Mentre sconsolato sto ormai scendendo nel baratro, mi viene in mente per un attimo la serata di ieri sera e delle sorprese inaspettate che quel cielo scuro mi ha regalato. La mia parte

razionale fa il resto. “Un momento, che città ci sono nelle vicinanze, e proprio in direzione ovest?” chiedo a voce alta a me stesso.

“C’è Mareeba se non sbaglio” mi risponde il mio compagno di viaggio fotografo, anche se la domanda non era per lui.

“Si, appunto, c’è Mareeba, ma si trova ad ancora 30 chilometri, non dovrebbe essere così grande, e soprattutto da qui dovremmo trovarla verso sud-ovest, non perfettamente a ovest proprio sopra il tramonto del Sole.”

Nel silenzio generale il mio cervello, come una macchina in corsa che nessuno sarebbe in grado di fermare, compie una serie di oscuri passaggi che mi portano a trovare la soluzione, grazie anche all’aiuto dei miei occhi e del cielo che è diventato ora ancora più scuro.

Il cuore di quell’alone di luminosità fastidioso e indistinto ora sembra meno omogeneo di prima e mostra increspature e buchi più scuri che mi sono piuttosto familiari.

Aspetto un attimo per paura di sparare l’ennesima cavolata, poi finalmente esclamo, questa volta a tutti:

“Non è inquinamento luminoso, almeno non di origine naturale! Quella, signori, è la Via Lattea estiva!” Una risata portatrice di imbarazzo, per la figura barbina di qualche minuto fa, e allo stesso tempo di uno stupore che in qualche modo doveva pur uscire, poi riprendo fiato e di nuovo mi ripeto: “Si, si, è la Via Lattea estiva, quell’alone di luce indistinto è proprio il centro che noi dall’Italia non vediamo mai, ecco perché non l’ho riconosciuto! Ma che cavolo, vi rendete conto di quanto sia luminosa ed evidente qui, quando da noi in Italia serve un cielo incredibilmente scuro per percepirne il debole alone? È un mostro, chi se l’aspettava una cosa del genere!”

Nessuno dei miei compagni ha potuto capire il vero significato delle mie parole e di quello che di fronte a noi si stava manifestando ben evidente. Probabilmente nessun non amante del cielo e della natura può effettivamente comprendere quanto questo cielo, appena mezz'ora dopo il tramonto del Sole, sia così diverso e molto più spettacolare ed emozionante rispetto alle desolate lande arancioni delle nostre tristi città.

Ma non c'è tempo per perdersi in pensieri di questo tipo, ora è il momento dello stupore e della comprensione. Si, perché il centro della Via Lattea, sempre più evidente, sembra essere avvolto da una luminosità uniforme che lo rende decisamente meno contrastato, seppur molto evidente. È come se sopra vi fosse sovrapposto un sottile velo di nebbia brillante, illuminata in modo perfettamente uniforme per diverse centinaia di gradi quadrati di cielo.

Sono ben conscio delle diaboliche abilità dell'uomo quanto a spreco energetico, ma questo va oltre la più contorta e stupida mente, se non altro perché per creare questo effetto ci vorrebbe una distesa di chilometri di lampade perfettamente bianche, che illuminerebbero in modo uniforme il cielo, creando questa forma a specie di piramide con uno sbuffo allungato che parte dal vertice e si allunga fin quasi allo zenit, troppo caratteristica per poter essere ignorata.

"Signori, ammirate la luce zodiacale, perché solo da questi cieli potrete farlo!"

Continuo a parlare come un pazzo ai miei compagni di viaggio, che non riescono a capire il perché io mi stia emozionando per una colonna di luce a base triangolare che illumina il cielo. In fin dei conti, loro di colonne simili ne vedono in continuazione dalla città, per di più belle colorate e dalle più

disparate forme.

Per un attimo li osservo e divento triste pensando che l’uomo moderno, colui che si definisce civilizzato, è riuscito così bene a cancellare il cielo con le proprie manie di grandezza, al punto che ora ci sono generazioni che non se ne rendono più neanche conto, pensando che il cielo stellato sia quello schifo perenne visibile ogni notte dalle nostre soffocanti città. E se si perde pure memoria dello scempio operato dalle generazioni precedenti, non c’è più proprio speranza che qualcuno, un giorno, anche per sbaglio, si svegli e capisca che la realtà è ben altra cosa.

“La luce zodiacale, incredibile, l’ho letta e vista solamente sui libri, allora esiste davvero!” In questo modo interrompo i miei ragionamenti e l’attimo infinitesimo di tristezza. Io sotto questo cielo ci sono ora, meglio godermelo piuttosto che pensare a problemi che sembrano in questo momento così lontani e distanti da questo commovente spettacolo della Natura.

Come sono solito fare, mi isolo mentalmente dai miei compagni di viaggio e da tutto ciò che di umano possa esserci nei dintorni, per lasciarmi trasportare in viaggio per l’Universo.

Con il cielo ormai scuro, questo alone di luminosità diventa imbarazzante e quasi fastidioso perché riesce a illuminare, grazie anche al contributo del centro galattico, debolmente il paesaggio e cancellare le stelle più deboli.

La luce naturale di un cielo perfetto e le nuvole illuminate dall'alto, invece che dal basso.

La luce zodiacale… Ancora non ci credo.

Piccolissimi granelli di polvere, miliardi di miliardi di volte meno densi dell'aria che respiriamo, che si trovano lungo il piano delle orbite dei pianeti e vengono illuminati dall'enorme luce solare. Si fa davvero fatica a credere che questa sia la spiegazione reale del fenomeno che sto osservando e che nulla toglie, anzi, aggiunge, alla magia del momento. Il disco del nostro sistema solare, una specie di nebbiolina cosmica che ci tiene compagnia e si appiattisce mano a mano che ci si allontana dalla nostra stella.

Chino la testa su un lato proprio per cercare di osservare l'effetto, e ci riesco perfettamente. Da questa posizione il muro di

luce diventa ancora più impressionante, perché il cervello è in grado di percepire la forma allungata che si restringe con l'aumentare dell'altezza sull'orizzonte. Sembra quasi di essere a bordo di un gigantesco e soffuso disco volante che con la calma dell'Universo ci trasporta, gratuitamente, in lungo e in largo attraverso la Galassia. È una sensazione che le parole non riescono a descrivere appropriatamente, ed è giusto così, perché queste, così comuni e utilizzate, non sono nate per rappresentare emozioni e situazioni molto più grandi di quegli uomini che per primi le hanno inventate e utilizzate.

Questa rubrica è tratta dal libro: "La mia prima guida del cielo".

Se avete un telescopio, magari da poco tempo, e volete cercare degli oggetti che non sapete come trovare, questa è la sezione che fa per voi.

Ogni mese, compatibilmente con il periodo dell'anno in cui verrà rilasciato il nuovo numero, troverete uno zoom su due costellazioni interessanti, con una mappa contenente stelle fino alla magnitudine 7 e oggetti fino alla magnitudine 11, una breve descrizione, un cenno ai racconti mitologici (qualora presenti) e una lista, completa di immagini e disegni, degli oggetti del cielo profondo più facili da osservare.

Tutti gli oggetti deep-sky elencati sono alla portata anche di un piccolo strumento da 10 centimetri di diametro, e se avete una buona vista e un cielo scuro anche di un classico binocolo 10X50.

Non troverete immagini professionali, ma spesso disegni effettuati da altri osservatori con telescopi amatoriali. In questo modo spero di evitarvi il pericolo più grande dell'astronomia pratica: creare false aspettative.

L'osservazione visuale, infatti, non è neanche lontana parente della fotografia astronomica, in particolare per quanto riguarda i colori, invisibili quasi completamente con qualsiasi telescopio si osservi. Ma l'idea di poter osservare con i propri occhi, attraverso il proprio strumento, e quasi toccare quell'indistinto batuffoletto irregolare, che in realtà è un oggetto reale, posto a distanze inimmaginabili e di dimensioni inconcepibili appartenente a un Universo meravigliosamente perfetto, regala una soddisfazione che nessuna macchina fotografica o schermo di computer potranno mai regalare, né

ora, né mai.

Canis Major – Cane maggiore	In meridiano alle 22 del 1 Febbraio

Descrizione

Cane maggiore e minore sono figure mitologiche piuttosto ricorrenti. Alcuni racconti ritraggono i due cani sotto la tavola alla quale mangiano i gemelli Castore e Polluce.

Gli antichi greci consideravano il Cane maggiore un animale velocissimo, in grado di vincere addirittura una gara di velocità contro una volpe, l'animale a quel tempo conosciuto più veloce del mondo. Per dare un premio degno dell'impresa, Zeus, il re degli dei, collocò il Cane maggiore nel cielo, dandogli l'immortalità.

Altre storie vedono invece Cane maggiore e minore fedeli al cacciatore Orione.

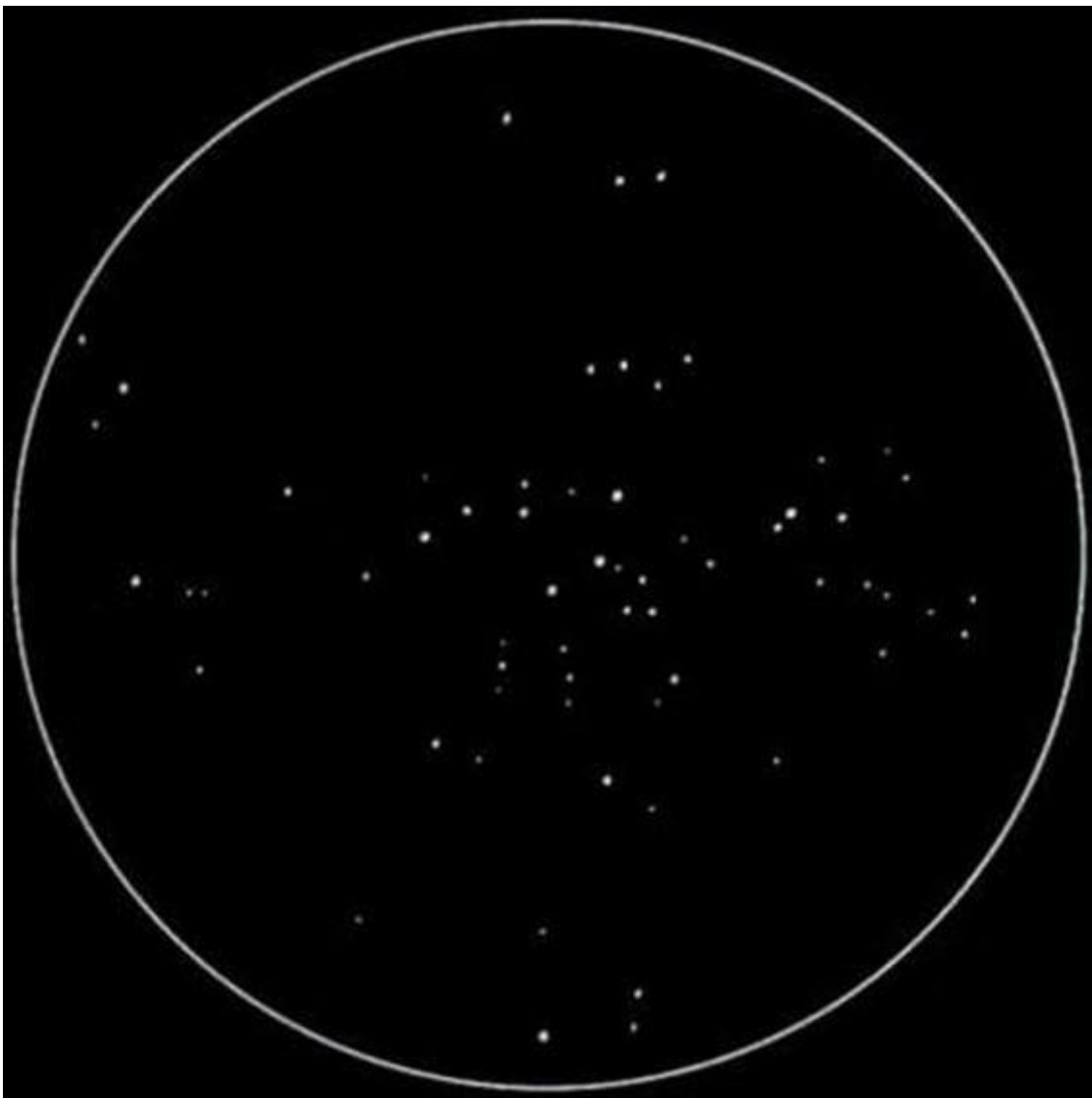
Il Cane maggiore ospita la stella più brillante del cielo: Sirio, astro azzurro di magnitudine apparente pari a -1,46.

Sirio ha rivestito un significato particolare per i popoli antichi, poiché comincia ad elevarsi durante i primi giorni d'autunno. Il suo sorgere nel cielo illuminato dall'alba verso la metà di settembre segna la fine dell'estate. Presso gli antichi egizi questo evento preannunciava l'inondazione della valle del Nilo, importantissima per l'agricoltura.

La costellazione, grazie proprio alla presenza di Sirio, è facilissima da individuare a sud est di Orione. Trovandosi sovrapposta al disco della nostra galassia è ricca di ammassi aperti.

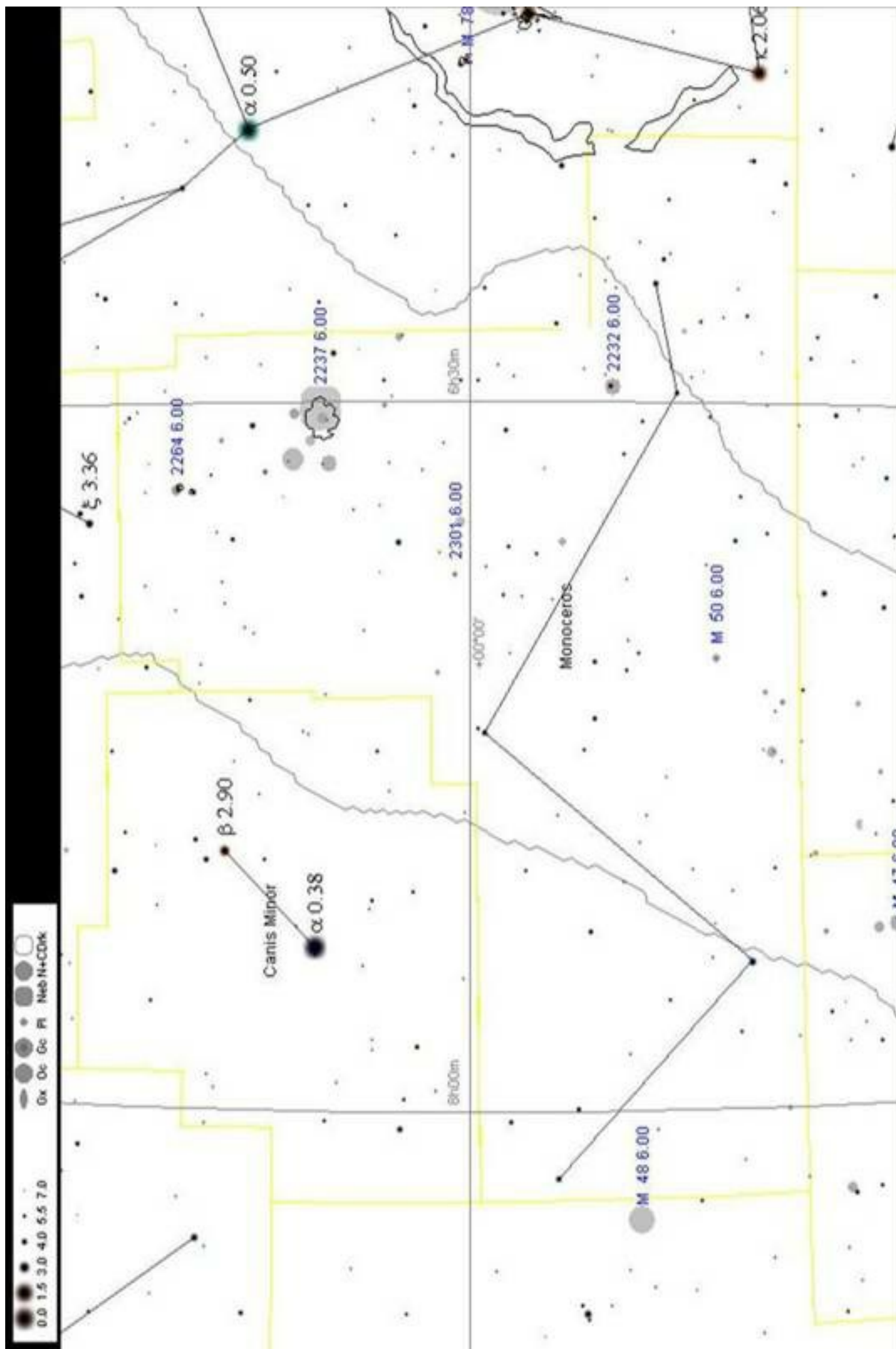
Oggetti principali

M41: Splendido ammasso aperto a soli 4° a sud di Sirio, tanto che è possibile averli nello stesso campo di quasi tutti i binocoli. M41 è molto bello al telescopio, mostrando stelle colorate immerse nel suggestivo sfondo della Via Lattea invernale.

NGC2362: Altro ammasso aperto, più debole e piccolo di M41, visibile con ogni strumento.

L'ammasso M41, visibile anche con un binocolo, come appare attraverso un telescopio da 100 mm ad 80X

L’inconfondibile figura dal Cane Maggiore.

Monoceros – Unicorno	In meridiano alle 22 del 1 Febbraio

0.0 1.5 3.0 4.0 5.5 7.0
Gx Oc Gc Pl Neb N+CDrk
ξ 3.36
2264 6.00
β 2.90
Canis Minor
α 0.38
α 0.50
2237 6.00
8h00m
2301 6.00
6h30m
+00°00'
Monoceros
2232 6.00
M 48 6.00
M 50 6.00
κ 2.06

Descrizione

Unicorno è una costellazione introdotta nel 1624 dall'astronomo *Jakob Bartsch*. Si tratta di un animale mitologico, che alcuni pensano sia la distorsione della figura del rinoceronte.

La costellazione, circondata da vere gemme come Orione ad ovest, il Cane minore a nord ed il maggiore, con Sirio, a sud, è nascosta e difficile da osservare. Composta da stelle deboli, si trova a cavallo del disco della Via Lattea invernale, meno denso ed appariscente rispetto a quello estivo, ma sempre molto interessante.

Oggetti principali

M50: Ammasso aperto in una zona di cielo molto ricca di stelle. Facile da rintracciare con un binocolo, mostra le sue componenti a piccoli telescopi.

NGC2237: La famosa nebulosa Rosetta è una delicatissima nebulosa ad emissione a forma di un intricato bocciolo di rosa. Sfortunatamente è estremamente debole all'osservazione telescopica e richiede telescopi da 250 mm per mostrarsi abbastanza contrastata. Nel cuore della nebulosa è presente un giovane ammasso aperto, **NGC2244**, molto bello da osservare con ogni telescopio. Sotto un cielo particolarmente favorevole, incontaminato dalla luci artificiali, la nebulosa è evidente, delicata e dalla forma perfettamente simile a una rosa cosmica, anche con un piccolo telescopio da 80 mm di diametro o, meglio, un binocolo di pari apertura. Sfortunatamente, a meno di non recarsi in paradisi naturali come la Namibia o l'Australia, questo resterà sempre un miraggio impossibile da osservare dai nostri inquinati e illuminati cieli.

La splendida nebulosa Rosetta (NGC2237) da il meglio di se solo in fotografia. Strumenti inferiori ai 150 mm lasciano vedere solo il bellissimo ammasso aperto custodito al suo interno.

NGC2264: Detto ammasso Albero di Natale è un ammasso aperto in cui qualche osservatore riconosce la forma tipica di un albero di Natale.

Orione, a destra, un accenno di anello di Barnard , la nebulosa Rosetta al centro, in mezzo alla Via lattea e Sirio in basso.

Astrofotografia

Questa classica sezione sarà il contenitore nel quale convoglieranno preziosi consigli sul come intraprendere la difficile ma estremamente appagante strada della fotografia astronomica.

Inizieremo dal basso, da alcune semplici applicazioni, per poi giungere, insieme, alle tecniche necessarie per ottenere le splendide immagini che è possibile ammirare in rete.

Le prime, emozionanti, fotografie al cielo stellato

Prima di vedere come affrontare tutte le problematiche relative alla fotografia al telescopio e a lunga esposizione, vi potete divertire ad ottenere la vostra prima foto, la quale, se ben realizzata, può risultare spettacolare e molto istruttiva.

Senza dover utilizzare una montatura equatoriale motorizzata, prendete la vostra reflex digitale o qualsiasi fotocamera che consenta di regolare a piacimento i tempi di esposizione, ponetela su un treppiede, utilizzate un obiettivo dalla corta focale chiuso ad almeno f7, regolate la messa a fuoco sull'infinito, la sensibilità a 100 ISO, puntate la zona attorno al polo nord celeste e scattate per un tempo di almeno mezz'ora.

La rotazione della sfera celeste risulterà evidente con una serie di archi di circonferenza di diverso colore e dimensioni, il cui centro è posizionato non lontano dalla Polare. Se avete il senso artistico di inquadrare anche un paesaggio particolare nella vostra foto (ad esempio un albero, la cima di una montagna….), potete realizzare un'immagine davvero suggestiva, che vi permette inoltre di rendervi conto del movimento della Terra.

Sebbene si tratti di un'applicazione molto semplice, ottenere risultati spettacolari non è ne facile, ne banale. Potete ad esempio variare il tempo di esposizione e portarlo a qualche ora per allungare le tracce stellari. In questi casi è meglio chiudere l'obiettivo ad almeno f9-10 e scattare con una sensibilità attorno ai 200 ISO. Naturalmente il cielo deve essere scuro; purtroppo questo tipo di fotografie sono impossibili da ottenere all'interno di una città.

Oltre alla rotazione della sfera celeste, molti altri soggetti sono adatti per questo tipo di applicazioni, dipende solamente dalla vostra fantasia. Ad esempio, si può utilizzare un obiettivo grandangolare e riprendere il percorso della Luna nel cielo, dal sorgere fino al tramonto. Quali possono essere le migliori combinazioni ISO-tempi di esposizione-apertura del diaframma in questo caso? Meglio effettuare una singola posa o tante più brevi da mediare in fase di elaborazione? Divertitevi a scoprirlo attraverso prove e ancora prove. Il lato estremamente positivo del supporto digitale è rappresentato proprio dal poter vedere i risultati immediatamente, invece che nei giorni successivi come per la vecchia pellicola. Se avete fatto qualche errore, o la foto non vi convince, ve ne renderete conto subito dopo aver chiuso l'otturatore, senza perdere tempo ne denaro.

Solamente la vostra esperienza sarà in grado di farvi migliorare e crescere. Nessun libro può sostituire il modo in cui qualsiasi persona apprende vivendo direttamente l'esperienza, specialmente a partire dagli errori.

Tracce stellari attorno al polo nord celeste fotografate con una normale fotocamera posta su un treppiede.

La fotografia a grande campo in parallelo

La fotografia a grande campo con gli obiettivi fotografici a corta focale, che mostri stelle puntiformi e non più delle strisciate, è relativamente semplice da realizzare. Prima di tutto vi serve una reflex digitale che si adatti nel modo migliore alle applicazioni astronomiche, ottime sotto questo punto di vista sono tutte le Canon.

Compratevi, se già non lo avete, un telecomando che vi consente di fare la posa B (tempo infinito) senza dover toccare la fotocamera, ovvero di decidere arbitrariamente la durata dell'esposizione.

Montate la macchina fotografica con il suo obiettivo sulla montatura equatoriale del vostro telescopio, in parallelo ad esso. Naturalmente è necessario che la montatura sia ben stazionata e possieda un motore per l'inseguimento automatico. Quasi tutti gli strumenti commerciali sostenuti alla montatura con degli anelli hanno una piccola vite del tutto simile a quella di ogni treppiede, proprio su uno degli anelli di supporto al telescopio. Visto il modo di collegare la fotocamera, questo tipo di fotografia si chiama in parallelo, poiché utilizza la montatura del telescopio ma non lo strumento.

Nella fotografia in parallelo il telescopio si usa solamente come supporto per la macchina fotografica, rigorosamente reflex o camera CCD, munita di un obiettivo di focale compresa tra 30 e 100 mm.

Stazionate perfettamente la montatura, accendete il motore per l'inseguimento e centrate il campo da riprendere. Effettuate la messa a fuoco in modo manuale su infinito, impostate la sensibilità a 400-800 ISO e…scattate! Se la vostra reflex vi permette di vedere in diretta l'immagine sul suo schermo (modalità *live view*), la messa a fuoco risulterà molto più

semplice perché potrete ingrandire l'immagine su una stella luminosa. Se invece siete costretti a mettere a fuoco traguardando il mirino, fate delle prove preliminari scattando immagini a corta esposizione ad una stella brillante per vedere quale è la migliore posizione del fuoco, molto difficile da raggiungere in questi casi (e non è detto che esso corrisponda necessariamente alla posizione di infinito sulla ghiera dell'obiettivo!). In effetti la messa a fuoco precisa, soprattutto con obiettivi progettati per applicazioni terrestri, è piuttosto critica; dedicate tempo a questa fase, visto che un'immagine sfocata è impossibile da correggere in fase di elaborazione ed ha inevitabilmente una profondità nettamente minore rispetto alla stessa immagine con le stelle ben a fuoco.

Raggiunto il fuoco perfetto, non dovete fare altro che scattare almeno una decina di immagini e magari, alla fine della sessione, acquisire i *dark frame* (almeno 5, anche essi devono essere sommati, meglio, mediati, prima di venire sottratti alle singole pose), singole pose al buio completo della stessa durata di una singola posa fatta sul cielo (tra quale pagina vedremo più in dettaglio la parte riguardante la calibrazione delle immagini). E' molto importante che tutte le immagini vengano acquisite rigorosamente in formato grezzo (*RAW*), non in *jpg*, formato compresso ed elaborato automaticamente dal software della camera. Tutte le reflex digitali consentono di acquisire immagini in formato grezzo, non elaborato ne compresso.

Qualsiasi sia il campo inquadrato, le singole esposizioni non dovrebbero essere più brevi di 5 minuti, mentre un buon tempo di esposizione totale è superiore alla mezz'ora. Non abbiate fretta di fotografare più costellazioni o campi stellari nella stessa nottata. Una buona foto richiede molto tempo; meglio farne una-due in

una notte, ma di elevata qualità, piuttosto che farne 10 di qualità mediocre.

Una sessione tipica di fotografia in parallelo, una volta scelto il campo inquadrato, può essere formata da 10 riprese di 5 minuti di esposizione ciascuna. Il tempo totale di esposizione, pari a 50 minuti, è sufficiente per restituire campi piuttosto ricchi di stelle.

Una volta terminata l'acquisizione, potete decidere se cambiare campo inquadrato e ricominciare con la serie di esposizioni, oppure terminare la vostra serata con i *frame* di calibrazione.

Al termine della sessione di fotografia, scaricate le immagini dal computer e attraverso un software adatto (*Deep Sky Stacker, Maxim Dl, Iris*) mediate i *dark frame* per formare una nuova immagine di *dark frame*, la quale deve essere sottratta alle singole pose di luce.

Successivamente potete allineare e sommare, o mediare, le pose calibrate ed ottenere l'immagine finale grezza, che deve essere aggiustata, almeno per quanto riguarda luminosità e contrasto.

Le moderne reflex digitali, in realtà, possiedono sul sensore un filtro che blocca la componente rossa ed infrarossa, alla quale tutti i sensori digitali sono naturalmente sensibili.

Se volete dedicarvi alla fotografia degli oggetti deboli con questi dispositivi, dovreste considerare la sostituzione del filtro taglia infrarossi con uno trasparente a queste lunghezze d'onda. In questo modo la fotocamera guadagna sensibilità, soprattutto nella zona rossa dello spettro elettromagnetico, ma attenzione, perché l'eventuale garanzia decade ed ottenere foto diurne correttamente bilanciate non è più così semplice!

La costellazione di Orione ripresa con la tecnica della fotografia in parallelo, utilizzando un obiettivo da 70 mm ed una reflex digitale alla quale è stato tolto il filtro blocca infrarossi. Posa complessiva di un’ora (somma di 6

pose da 10 minuti).

La fotografia in afocale

Questo metodo permette di sfruttare le comuni fotocamere digitali compatte e addirittura le fotocamere dei telefoni cellulari, per catturare qualche immagine della Luna, del Sole (con un filtro) e di qualche pianeta brillante (Giove e Venere). Quello che vi serve è solamente un telescopio su una montatura equatoriale motorizzata (senza autoguida, senza puntamento automatico, senza precisione o robustezza eccessiva) ed una comune fotocamera.

La fotografia in afocale è semplicissima: si punta un soggetto luminoso, meglio la Luna, si inserisce un oculare dalla grande pupilla d'uscita, (20-30 mm di focale), si mette a fuoco, si appoggia l'obiettivo della fotocamera esattamente come se fosse il nostro occhio e si scatta l'immagine!

Il metodo afocale si può applicare con ogni fotocamera, anche quella dei telefoni cellulari. Basta avvicinare l'obiettivo all'oculare del telescopio e scattare.

Le normali fotocamere compatte sono gli strumenti ideali per mettere in pratica il metodo afocale.

Il soggetto preferito è senza dubbio la Luna.

Fate in modo che la Luna occupi almeno l'80% del campo; in questo modo si ha la massima probabilità di una corretta messa a

fuoco ed esposizione.

L'esposizione corretta è senza dubbio il punto più critico.

Se la vostra fotocamera non permette regolazioni manuali, dovete fare in modo che il campo sia coperto il più possibile, poiché esse applicano un'esposizione media tra le zone luminose e scure; se queste ultime sono in abbondanza (ad esempio il cielo scuro) l'immagine vi verrà quasi sicuramente sovraesposta.

Alcune fotocamere permettono la lettura dell'esposimetro in modalità spot, cioè calcolata solamente in un punto (di solito quello centrale): impostando questa modalità e centrando il dettaglio lunare (o solare) desiderato, avrete un'esposizione ottimale. Se volete operare in modalità manuale, o per effettuare qualche controllo, tenete presente che la Luna ha all'incirca la stessa luminosità di una normale scena diurna terrestre, quindi non usate mai tempi di esposizione lunghi, a meno di non lavorare con un ingrandimento eccessivamente alto.

La messa a fuoco non è mai critica, a patto che l'immagine restituita dall'oculare sia già a fuoco; questo si ottiene guardando direttamente all'oculare, mettendo a fuoco, e poi, senza toccare nulla, si appoggia l'obiettivo della fotocamera sulla lente esterna, esattamente al posto del vostro occhio. Se disponete di un raccordo in grado di collegare saldamente la fotocamera all'oculare, impostate la sensibilità al minimo (tipicamente 50-100 ISO), per ridurre il rumore dell'immagine, ed effettuate almeno una decina di scatti che andrete a sommare con i classici programmi di elaborazione (*Registax, Iris…*).

La Luna ripresa con la fotocamera di un telefono cellulare in proiezione di un oculare da 25 mm.

Se non disponete di un supporto, cercate una posizione più stabile possibile; in generale essa si trova appoggiando l'obiettivo della fotocamera all'oculare, magari utilizzando un diagonale a specchio per raggiungere una posizione più verticale

possibile (o un sistema analogo a quello dell’immagine della pagina precedente, nel quale la fotocamera non tocca l’oculare ed evita vibrazioni). Cercate il giusto compromesso tra sensibilità (che comunque non deve essere oltre i 400 ISO), ingrandimento e tempo di esposizione.

Non usate tempi più lenti di 1/30 di secondo, altrimenti è molto probabile che la foto vi verrà mossa.

Seguendo questi semplici accorgimenti è possibile ottenere dei risultati discreti, sicuramente impensabili fino a qualche anno fa.

Naturalmente la fotografia in afocale rappresenta un divertimento ed una buona occasione per avvicinarsi gradualmente alla fotografia astronomica attraverso il proprio telescopio, ma non è in grado di regalare grosse soddisfazioni al di là di qualche scatto panoramico e suggestivo sulla Luna e sul Sole (con un filtro solare!). Per tutti gli altri oggetti del cielo occorre cambiare tecnica e strumentazione, ed è qui che le cose cominciano a complicarsi un po’.

Venere ripreso con la fotocamera di un telefono cellulare in proiezione di un oculare da 10 mm.

La mineral moon

Se si dispone di una reflex digitale, quindi di una fotocamera alla quale si può togliere l'obiettivo, questa è una delle più semplici applicazioni per iniziare a prendere mano con la fotografia al telescopio.

Ogni strumento astronomico utilizzato senza oculare è di fatto un grande e potente teleobiettivo, la cui "potenza" è identificata proprio dalla lunghezza focale.

Quando di collega una macchina fotografica al telescopio, il nostro scopo è solo uno: utilizzare la grande lunghezza focale dello strumento e operare come se si avesse un enorme teleobiettivo, capace, quindi, di ingrandire gli oggetti celesti e di raccogliere molta più luce rispetto ai classici obiettivi.

Secondo questa filosofia, appare evidente che qualsiasi dispositivo di ripresa si voglia collegare allo strumento deve essere privato del proprio obiettivo, perché è il telescopio che svolgerà questa importantissima funzione.

Anche lo strumento dovrà essere privato, almeno agli inizi, di qualsiasi altro elemento ottico, tra cui gli oculari, indispensabili invece per l'osservazione visuale.

È per questo motivo che le reflex digitali hanno una marcia in più rispetto alle comuni fotocamere compatte, perché a queste ultime non si può staccare l'obiettivo e il metodo afocale rappresenta l'unica possibilità per ottenere foto discrete ai soggetti più luminosi.

Collegare una reflex al telescopio è semplice: è sufficiente svitare l'obiettivo e collegare un accessorio, chiamato anello T2, un adattatore che si trova in commercio a pochi euro. L'anello T2 da una parte ha lo stesso attacco degli obiettivi, mentre dall'altra

ha la filettatura per un altro accessorio indispensabile: un tubo di raccordo che si innesterà nel portaoculari del telescopio come fosse un normale oculare.

Con questi accessori possiamo collegare ogni reflex digitale a qualsiasi telescopio e indirizzare la nostra attenzione verso il cielo per le prime, emozionanti, riprese astronomiche.

La fotografia più semplice che si possa fare attraverso il telescopio riguarda senza dubbio la Luna.

Il nostro satellite naturale, nei pressi del primo e ultimo quarto (non quando è pieno!) mostra i maggiori dettagli sulla superficie ed è abbastanza luminoso da poter essere ripreso anche nel caso in cui non si disponga di un motore per l'inseguimento delle stelle.

In queste particolari circostanze la fotografia diventa possibile anche attraverso montature altazimutali o i semplici telescopi dobson. Meglio non farsi illusioni, però: senza una montatura equatoriale motorizzata non si può fare molto altro.

Ottenere una ripresa sufficientemente dettagliata della Luna è semplice e il consiglio migliore che si può dare è quello di provare e provare, tanto le immagini si possono vedere subito sullo schermo della fotocamera senza alcun costo aggiuntivo (come invece succedeva per le vecchie pellicole chimiche). L'unico avvertimento che mi sento di dare è il seguente: la Luna si trova circa alla stessa distanza dal Sole della Terra, quindi riceve circa la stessa quantità di luce. Di conseguenza, il suolo lunare è brillante come una normale scena diurna sul nostro pianeta, anche se si trova circondato dal buio della notte. Questo significa che il tempo di esposizione corretto per il suolo lunare è simile a quello che si avrebbe scattando una normale fotografia diurna. È facile cadere nella trappola del buio e aumentare il

tempo di esposizione fino a qualche secondo addirittura, ma l'unico risultato di questo esperimento sarà una foto completamente bianca.

A meno che la Luna non occupi tutto il campo inquadrato, meglio non dare troppa importanza alle indicazioni dell'esposimetro della reflex, perché, se non impostato in modalità spot, esso effettuerà una misura media della luminosità, considerando anche gli spicchi neri del cielo e tenderà a sovraesporre notevolmente la superficie lunare.

Piccole difficoltà a parte, una delle applicazioni più strane e interessanti che si può fare con la Luna riguarda la ripresa del suo vero colore. In quasi tutte le immagini e anche a occhio nudo, il nostro satellite appare giallastro, ma questa è semplicemente la tonalità della luce solare che ci riflette.

Il vero colore della Luna è più nascosto ma sorprendente, ed è dovuto alla diversa composizione chimica delle rocce superficiali.

La mineral moon è una fotografia che riesce a mettere in mostra queste sottilissime differenze di colore e accentuarle per renderle immediate da riconoscere all'occhio.

Per fare questo dobbiamo migliorare la nostra tecnica e cominciare a far pratica con un sistema fondamentale nella fotografia astronomica: la somma di molte esposizioni.

Senza entrare in complicate nozioni di teoria dei segnali, se noi di una stessa scena otteniamo tante foto identiche che poi facciamo sommare a un programma di elaborazione delle immagini, otteniamo una fotografia finale che ha molto più segnale di uno degli scatti singoli di cui è composta.

Questa regola aurea vale in ogni campo della fotografia, anche quella naturalistica: più immagini identiche sommo le une sulle altre, più la foto finale sarà pulita e nitida.

I colori reali della Luna sono così tenui che in uno scatto singolo non verranno mai evidenziati, immersi nel rumore dell'immagine (che si chiama anche granulosità). Ma se riusciamo a scattare 10-15 foto identiche, allinearle e sommarle, nell'immagine finale i colori saranno molto più evidenti.

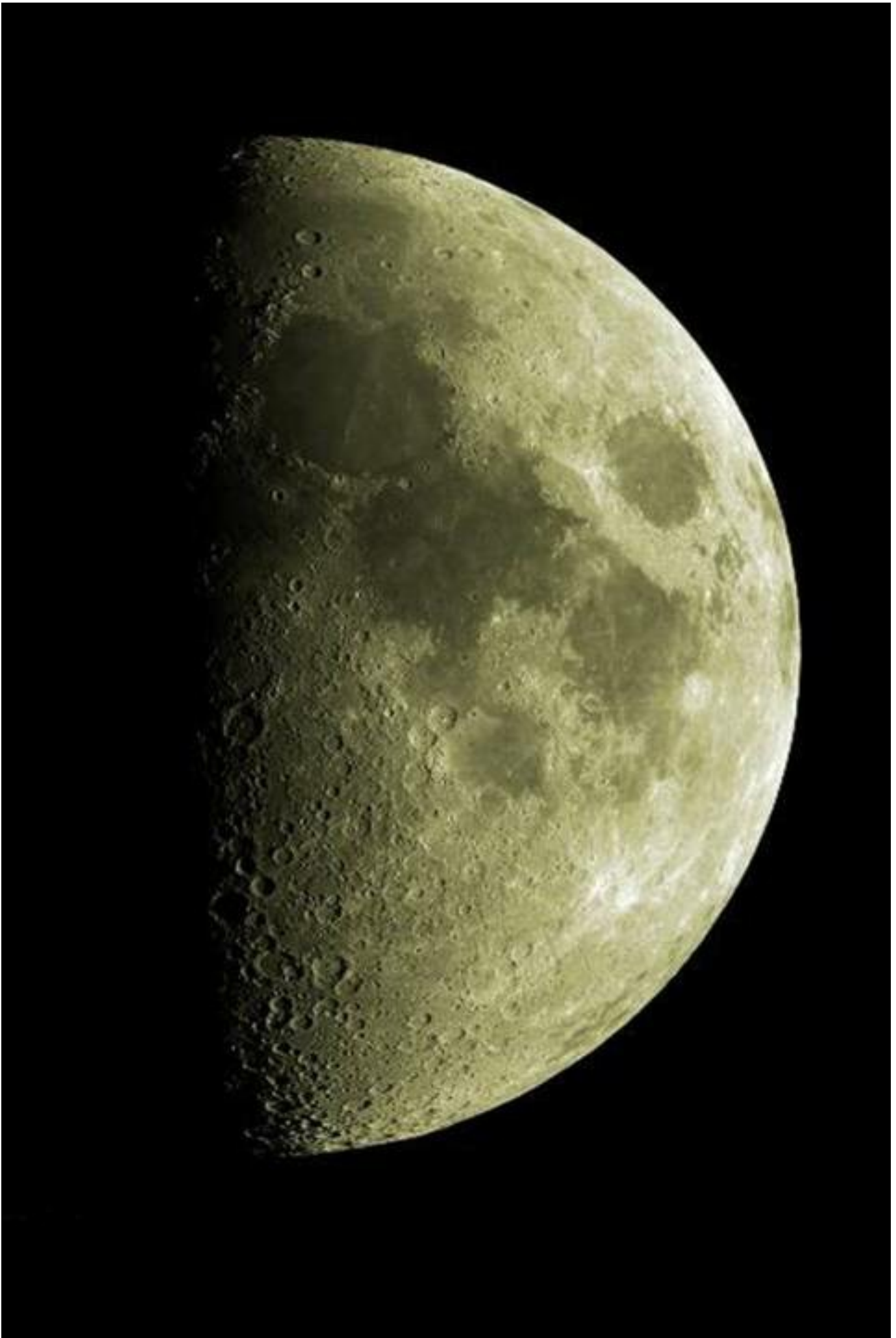
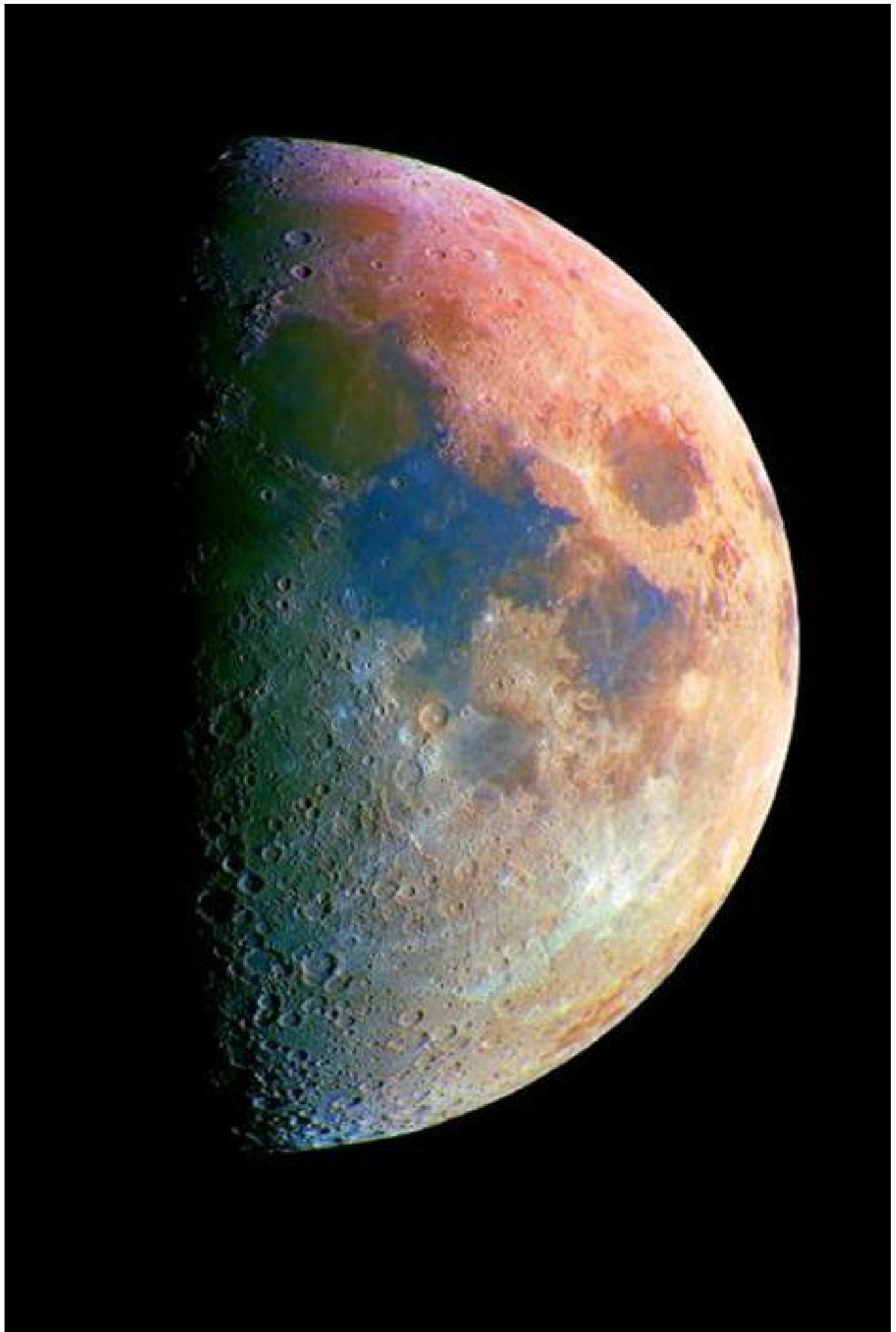
Come si può mettere in pratica tutto questo?

Semplice, basta seguire qualche punto:

1) Si collega la reflex al telescopio e si fanno delle prove sul migliore tempo di esposizione;
2) Si riprendono 10-15 immagini identiche. Non importa se la Luna si sposta all'interno del campo, basta che non esca;
3) Si scaricano le immagini sul computer e si utilizza un software apposito per l'analisi. Sulla rete ce ne sono diversi gratuiti. Io consiglio Registax: http://www.astronomie.be/registax/ o Autostakkert: http://www.astrokraai.nl/autostakkert.php , quest'ultimo sembra più semplice da utilizzare. Quello che si deve fare è aprire tutte le immagini scattate all'interno dei programmi e fargli fare l'allineamento e la somma. Generalmente ci vogliono un paio di minuti al massimo, poi l'immagine finale, composta dalla somma (o media) dei singoli scatti, che il programma ha automaticamente allineato e sommato, è pronta. Questa si chiama immagine grezza, o immagine RAW, proprio perché è una versione che contiene molto segnale che deve in qualche modo venir estratto per renderlo visibile agli occhi;
4) Con un programma di fotoritocco, come Photoshop o il gratuito Gimp, è sufficiente alzare la saturazione dei colori. Io preferisco andare per gradi,

aumentando la saturazione di circa il 50% per un paio di volte, fino a quando il colore delle diverse zone lunari non comincerà a comparire. È probabile che la Luna abbia tutta una colorazione dominante, ma questa è facile da eliminare con un bilanciamento del colore o, meglio, del bianco;

5) Il risultato finale dipende dai vostri gusti personali. Io preferisco ridurre della metà la risoluzione dell'immagine per contenere l'inevitabile rumore che sarà comunque presente.

6) Se tutti gli step sono stati fatti a dovere, si otterrà un'immagine dominata da zone rosse e altre blu. Quest'ultime indicano terreni poveri di titanio e ferro, contrariamente alle porzioni rosse, che ne sono invece ricche. La mineral moon è quindi un ottimo esercizio per conoscere meglio la nostra fidata compagna da oltre 4,5 miliardi di anni!

Sopra, una classica immagine della Luna al primo quarto con una reflex digitale. **In basso**, la stessa immagine composta dalla media di 15 scatti identici, a cui è stata tolta la tonalità giallina e aumentata la saturazione per osservare i veri colori del nostro satellite naturale. Questa è la mineral moon.

Ricerca amatoriale

Alcune parti di questa sezione sono tratte dal libro "Astrofisica per tutti: scoprire l'Universo con il proprio telescopio".

Se siete ormai degli astrofotografi del cielo con una certa esperienza e molta voglia di portare al limite la vostra strumentazione, magari affrontando qualche divertente ed emozionante progetto di ricerca, questa è la sezione che fa per voi.

Qui, proprio come degli astronomi professionisti, partiremo alla scoperta di tutto quello che il nostro telescopio amatoriale, accoppiato ai moderni dispositivi di ripresa digitale, è in grado di regalarci oltre al mero imaging estetico.

Sapete, ad esempio, che moltissime stelle variabili oltre la magnitudine 10 non sono ancora state scoperte? O che è possibile osservare la traccia di un pianeta extrasolare distante centinaia di anni luce mentre attraversa il disco della propria stella? Senza contare poi la possibilità di scoprire asteroidi, comete, supernovae, fenomeni particolari nelle atmosfere dei pianeti.

Insomma, qui, con pazienza, determinazione e curiosità si va in prima persona alla scoperta dell'Universo.

Gli errori di misura

Prima di analizzare i progetti di ricerca veri e propri, è doveroso soffermarci brevemente sulla qualità e il tipo di dati con cui avremo a che fare e cercare di capire almeno le differenze tra la semplice osservazione e la produzione di dati scientifici (a prescindere se siano fini a se stessi od utili agli astronomi professionisti).

Il metodo di base è lo stesso visto fino ad ora: la nostra camera CCD o webcam o reflex digitale cattura la luce proveniente da pianeti, stelle o galassie, attraverso l'acquisizione di immagini. A questo punto avviene la diramazione tra ricerca ed imaging estetico: le immagini raccolte vanno analizzate, cioè misurate. Possiamo ricavare la posizione dei corpi celesti o dei dettagli planetari rispetto ad un sistema di coordinate, misurare la quantità di luce proveniente da una stella e/o come essa varia eventualmente nel tempo. Quando scopriamo qualcosa di nuovo come una supernova o un asteroide, occorre corredare la nostra scoperta almeno di informazioni come posizione, data ed eventualmente magnitudine: insomma, qualsiasi sia il vostro scopo, occorre fare delle misure, oppure, al limite, far fare delle misure delle vostre immagini a persone competenti.

Qualsiasi misura reale deve essere accompagnata dalla relativa incertezza o errore di misura. Gli errori di misura sono sempre presenti e sono generati dal sistema adottato; si possono minimizzare ma mai eliminare.

Non mi dilungherò nella spiegazione della teoria degli errori, piuttosto voglio solo far capire che, ad esempio, un dato semplice come la misura della magnitudine stellare non ha significato se non accompagnato dall'incertezza. Dire che una stella ha una

magnitudine misurata di +15,5 ai fini scientifici non significa niente; occorre riportare anche l'errore assoluto compiuto nella misura. La misurazione: m = +15,5 ±0,1 è nella forma corretta. Da notare che questa non è una pignoleria tipica degli scienziati, piuttosto un'esigenza imprescindibile che spesso assume molta più importanza della misura stessa.

Frequentemente l'analisi dell'errore di misura può aiutare a smascherare errori grossolani oppure delle vere e proprie quantità fisiche che si sono trascurate durante la misurazione.

La propagazione degli errori nelle relazioni fisiche è molto importante ed è semplice da capire.

Prima di tutto dobbiamo dare uno sguardo più da vicino sulle incertezze.

Affermare che una misura, ad esempio le dimensioni di un dettaglio sul sensore, ha un'incertezza di ±2 pixel, significa identificare l'errore assoluto commesso, generalmente espresso con la notazione δx, dove la lettera greca delta (δ) identifica un intervallo, ed x la grandezza alla quale si riferisce. Nel nostro caso δd= *2 pixel*. Questo è un valore che con qualche considerazione statistico/matematica che vi risparmio è chiamato deviazione standard (lettera greca sigma: σ). Come lecito aspettarsi, l'errore assoluto è una quantità sempre positiva.

Possiamo notare, tuttavia, che un errore di ±2 pixel su un oggetto dalle dimensioni di 130 pixel ha un peso diverso rispetto allo stesso errore commesso su un oggetto dalle dimensioni di 10 pixel. In effetti, l'errore relativo, ovvero il rapporto tra l'errore e la grandezza misurata, è diverso. Nel primo caso si ha un errore relativo pari a δd/d = 2/130 = 0,015, nel secondo caso: δd/d = 2/10 = 0,2.

In altre parole, nel primo caso abbiamo un errore pari

all’1,5% (0,015 x 100) del valore della misura; nel secondo un errore del 20% (0,2 x 100). Sebbene l’errore assoluto sia lo stesso in entrambe le misurazioni, il peso sulla precisione e affidabilità delle misurazioni è molto diverso.

La comprensione del significato di errore assoluto e relativo ci serve anche per comprendere come si propagano le incertezze nelle misurazioni.

Cosa succede infatti quando cerchiamo di fare delle operazioni tra delle quantità affette da un certo errore? L’incertezza nelle misurazioni non sparisce ma si propaga. Ogni operazione aumenta le incertezze totali in un modo direttamente collegato al tipo di operazione eseguita.

Le formule per il calcolo della propagazione degli errori nelle relazioni fisiche prende in esame sia gli errori assoluti che quelli relativi, in funzione del tipo di operazioni che si trovano nelle formule che applichiamo ai nostri dati sperimentali.

Per una trattazione concettualmente e sintatticamente più corretta occorre accennare a qualche nozione di statistica di base.

Quando effettuiamo delle misurazioni di qualsiasi tipo, supponiamo implicitamente due assunzioni fondamentali:

- Gli errori sono indipendenti gli uni dagli altri. Questo significa che l’errore che si ottiene su ogni singola e generica misurazione è indipendente da altre grandezze e dal numero di misurazioni effettuate.
- Gli errori sono casuali. Le incertezze che otteniamo, ad esempio, misurando 10 volte una stessa grandezza, sono del tutto casuali e non possono quindi essere descritte da una semplice funzione matematica.

L’unione di questi due punti ci dice una cosa molto importante: gli errori sono indipendenti e casuali. Cosa significa

nella pratica? Che per quante volte io ripeta una determinata misurazione, i valori che ottengo non dipendono ne dai precedenti o dai successivi e sono distribuiti in modo uguale e casuale attorno al valore esatto.

Queste assunzioni, entro certi limiti, sono sempre verificate nel caso di misure astronomiche, quali la luminosità di una stella o le dimensioni angolari o lineari di un dettaglio e sono estremamente importanti perché ci permettono di calcolare la propagazione delle incertezze secondo determinate e semplici relazioni matematiche.

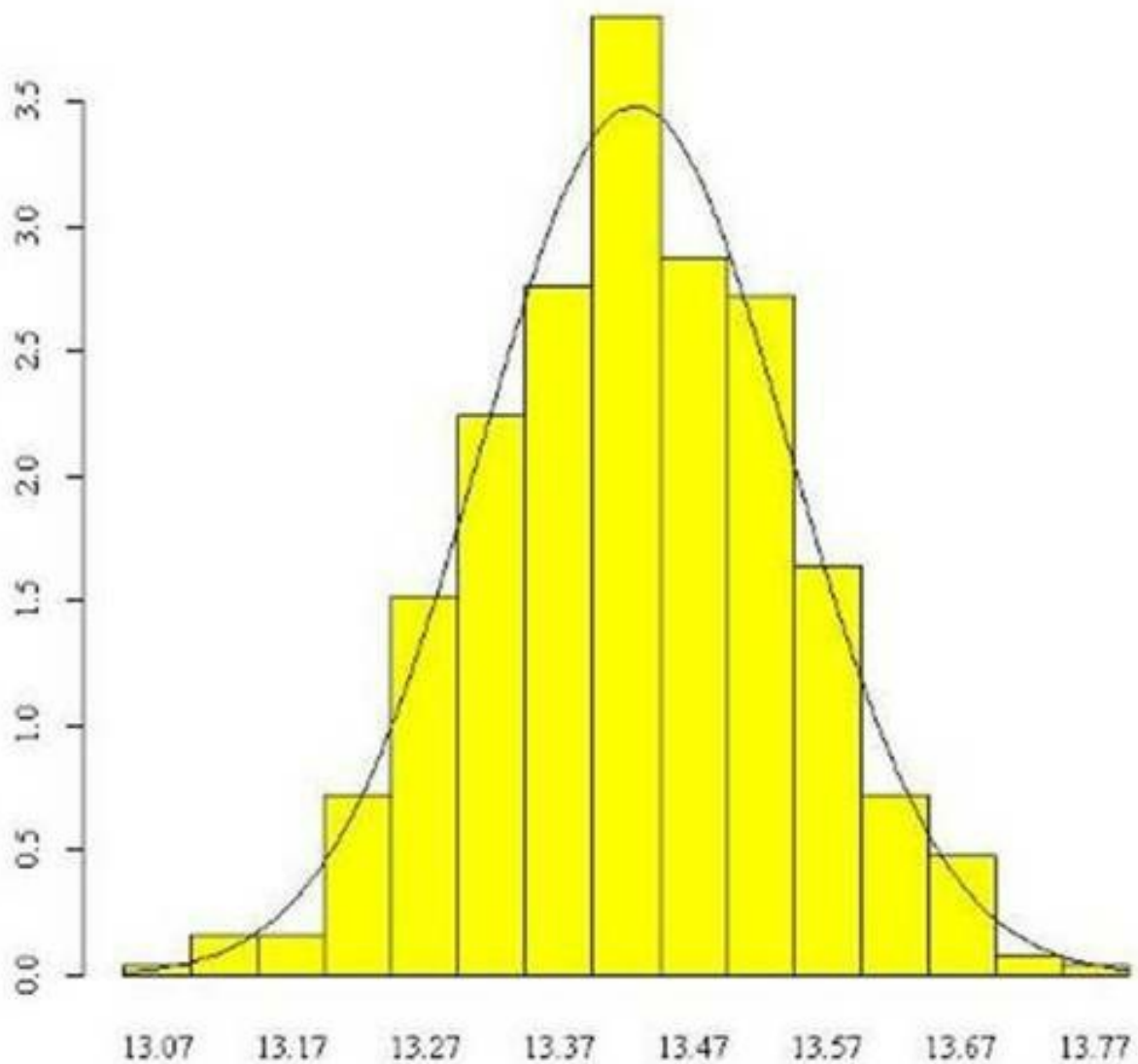
In un linguaggio statistico, si afferma allora che la disposizione degli errori di misura tende a seguire una distribuzione chiamata normale. Il altre parole, se effettuiamo un numero di misurazioni che tende ad infinito di una stessa grandezza, otteniamo una distribuzione dei valori di tipo gaussiano che quindi può essere descritta con precise regole matematiche, molto utili per comprendere come si propagano gli errori.

Se le misurazioni seguono questo andamento, anche gli errori inevitabilmente avranno la medesima distribuzione.

Se siamo sicuri che qualsiasi incertezza segue questa distribuzione, allora abbiamo un modo molto potente per calcolare come si propaga l'errore di misura nel caso di tutte le relazioni fisiche che coinvolgono quella determinata grandezza. Non solo, ma possiamo identificare la deviazione standard della distribuzione statistica proprio con l'errore assoluto compiuto sulla misurazione, proprio come abbiamo accennato poche righe sopra senza darne una spiegazione. Secondo questo punto di vista statistico, la deviazione standard è una misura di quanto i dati sono dispersi; nel caso della misura delle grandezze, essa

identifica l’incertezza rispetto ad valore medio, che sarà anche il più probabile.

Senza andare troppo nei dettagli, vediamo come si propagano gli errori di misura, accettando l’ipotesi che seguano questo tipo di distribuzione.

A prescindere da quanto possano essere complicate le formule che prendono in esame grandezze affette da errore, è sufficiente vedere le regole per la propagazione delle incertezze per le operazioni fondamentali, l’alfabeto base di ogni formula fisica, per quanto complessa possa essere.

La distribuzione di misurazioni indipendenti di una stessa grandezza fisica approssima sempre una curva gaussiana attorno al valore esatto, a patto che le misurazioni siano indipendenti e non affette da errori sistematici.

Propagazione degli errori in somme e differenze: si tratta del caso più semplice.

Supponiamo di disporre di diverse grandezze generiche x, y, z, le cui relative incertezze sono indipendenti e casuali, identificate con δx, δy, δz (errori assoluti). A prescindere dal tipo di operazione, sia essa somma o differenza, l'errore della

grandezza S, combinazione di x, y, z, sarà dato dalla somma quadratica: $\delta S = \sqrt{(\delta x^2 + \delta y^2 + \delta z^2)}$. Non importa quale sia il legame tra S e le tre grandezze, purché si tratti di somme o sottrazioni. Se si ha $S = x + y + z$, oppure $S = x - y + z$, l'errore assoluto sulla grandezza derivata S sarà sempre lo stesso.

Propagazione degli errori in prodotti o quozienti: In questi casi dobbiamo considerare gli errori relativi ed effettuare la somma quadratica su di essi. Consideriamo sempre la grandezza S, prodotto e/o quoziente di n grandezze con le relative incertezze, tutte tra loro casuali e indipendenti, ad esempio:

$S = (x\ldots y)/(u\ldots v)$.

L'errore relativo su S sarà:

$\delta S/S = \sqrt{[(\delta x/x)^2 + \ldots + (\delta y/y)^2 + (\delta u/u)^2 + \ldots + (\delta w/w)^2]}$.

Naturalmente, nell'esprimere la grandezza S nella scrittura standard, bisognerà calcolare l'errore assoluto: $\delta S = (\delta S/S)S$.

Nell'elevamento a potenza la regola per la propagazione degli errori è simile.

Consideriamo la nostra grandezza S, che si esprime come legge di potenza di un'altra variabile: $S = x^n$. L'incertezza su S si calcola considerando gli errori relativi, ed ha espressione: $\delta S/S = |n|(\delta x/x)$ dove $|n|$ è il valore assoluto (cioè preso sempre positivo) dell'esponente.

Quando abbiamo a che fare con il **prodotto** o il **quoziente** per una costante che non ha errore, bisogna fare attenzione. Consideriamo un esempio tipico, come il calcolo della circonferenza. L'espressione è $C = \pi D$ dove C è la circonferenza e D è il diametro.

Il diametro si misura, e come ogni misurazione ha un'incertezza δD. π invece è una costante che non ha incertezza.

Come si propaga l'errore su C? E' facile immaginare che gli errori relativi saranno gli stessi; infatti, effettuando la somma quadratica per il prodotto, notiamo che se K non ha errore, allora si riduce all'uguaglianza $\delta C/C = \delta D/D$. L'errore assoluto, invece, sarà diverso, poiché C viene moltiplicato per la costante π; in effetti esso è K volte quello relativo al diametro D:

$\delta C\ |k|\delta D$.

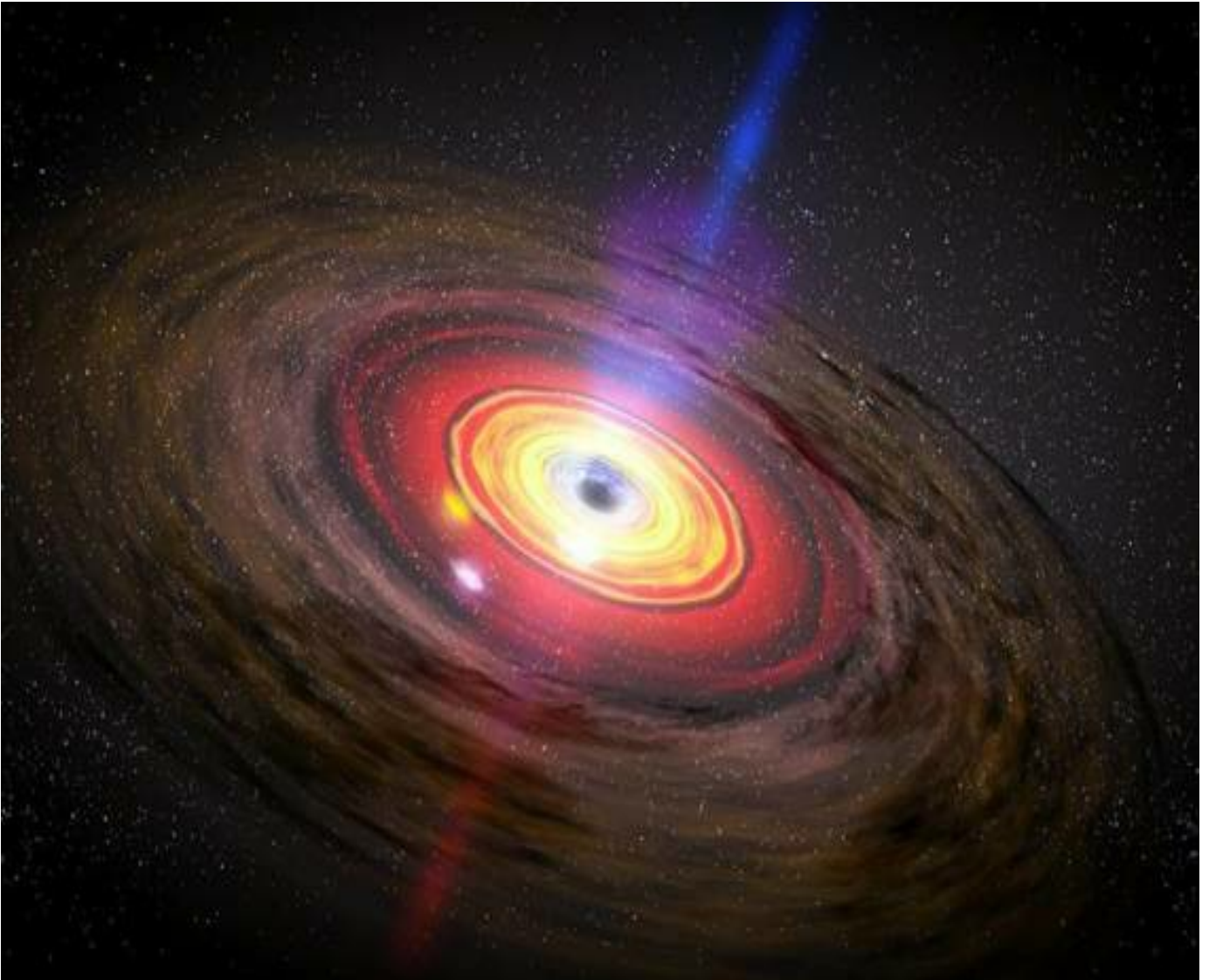
Queste sono le regole per la propagazione degli errori per i principali operatori algebrici. Abbiamo tralasciato l'operazione di radice poiché, per i teoremi sulle potenze, qualsiasi radicale può essere scritto nella seguente forma: $^{n}\sqrt{x} = x^{1/n}$ potendo applicare quindi la regola vista per l'elevamento a potenza.

Quando abbiamo espressioni più complicate bisogna applicare singolarmente queste regole per estrapolare l'incertezza totale. Il meccanismo è semplice ma spesso è lungo e complesso nei calcoli, per questo si fa effettuare direttamente al computer.

Nel paragrafo di approfondimento sull'analisi fotometrica dei transiti dei pianeti extrasolari vedremo il caso in cui sia la curva di luce che le relazioni derivate saranno espresse con le relative incertezze calcolate secondo le regole appena viste.

Non è importante che voi, soprattutto se siete alla prime esperienze, facciate un'analisi completa delle incertezze; è importante piuttosto comprendere che le misurazioni non possono avere una precisione assoluta.

Un mio vecchio professore era solito dire che è sufficiente comprendere che è impossibile cercare di misurare lo spessore di un capello con una riga da disegno. Se ci si riesce, il risultato ottenuto è molto probabile che sarà completamente sballato!

Astrofisica

Questa sezione, suddivisa in due rubriche, l'una un po' più tecnica e l'altra più semplice, rappresenta il cuore di questi fascicoli e ci proietta direttamente verso i grandi temi dell'astronomia teorica.

Pianeti, stelle, galassie, buchi neri, quasar, nebulosa, ammassi stellari, materia oscura, destino dell'Universo. Affronteremo insieme, mese dopo mese, un viaggio dal piccolo al grande, dal semplice al complesso, attraverso la struttura dell'Universo e le proprietà dei suoi strani abitanti.

Per quanto possibile eviterò formule e concetti di difficile comprensione, rendendo l'articolo principale accessibile a tutti, magari con un po' di pazienza per comprendere i passaggi più delicati e spesso completamente fuori dalla nostra esperienza. La seconda parte, decisamente più rilassante, è a vostra completa disposizione per tutte le domande sul Cosmo che la vostra mente riesce a concepire.

La sottile differenza tra stella e pianeta

Il titolo di questo paragrafo potrebbe rivelare una risposta scontata e conosciuta, ma meglio leggere queste prime righe prima di decidere se passare o meno all'argomento successivo.

La definizione classica di stella e pianeta viene insegnata (o almeno così dovrebbe essere) già alle scuole elementari.

Il mio amore per l'astronomia è così forte che me la ricordo perfettamente, con le stesse parole e timbro di voce della mia maestra: tutte le stelle sono gassose e brillano di luce propria, mentre i pianeti riflettono la luce della propria stella e non ne emettono di propria.

Questa definizione sembra funzionare piuttosto bene; in effetti tutti riusciamo a distinguere una stella come il Sole da un pianeta come la Terra: sono così diversi.

Le cose cominciano a complicarsi se consideriamo un altro corpo celeste, ad esempio Giove.

Non c'è dubbio alcuno che Giove sia un pianeta e il Sole una stella, ma qui qualche pilastro della nostra semplice definizione comincia quantomeno a scricchiolare.

Giove, infatti, non è più un corpo solido, bensì gassoso, molto più simile al Sole che alla Terra, anche quanto a composizione chimica. Le dimensioni, inoltre, sembrano intermedie. È vero che è circa 10 volte più piccolo del Sole e 1000 volte meno massiccio, ma è ben 12 volte più grande della Terra e 318 volte più massiccio; secondo questi dati è più simile a una stella che a un pianeta.

Fortunatamente siamo in una botte di ferro grazie a questo punto: il Sole illumina tutto il Sistema Solare, Giove no, anzi, la sua atmosfera si trova ad almeno un centinaio di gradi sotto lo

zero.

Si, in effetti questa è proprio la differenza che cercavamo: Giove è decisamente più pianeta che stella, proprio perché non emette luce propria.

Ma riflettiamo un attimo.

Noi non vediamo Giove emettere luce come il Sole, ma siamo proprio sicuri che non emetta nulla? In fondo la luce è solamente una piccolissima parte dello spettro elettromagnetico. Giove, ad esempio, potrebbe essere un enorme forno a microonde e irradiare grandissime quantità di energia a lunghezze d'onda che non vediamo. a un ipotetico essere vivente con l'apparato visivo sensibile a questa parte dello spettro elettromagnetico, Giove sembrerebbe una stella mentre il Sole no. Non sarebbe chiaramente accettabile che una definizione in merito a qualcosa di oggettivo come i corpi dell'Universo possa cambiare a seconda dell'osservatore.

Per capire se la nostra definizione è salva o va cambiata, dobbiamo necessariamente fare qualche misura un po' più oggettiva, attraverso strumenti che permettono di indagare lungo una parte più ampia dello spettro elettromagnetico.

Con un po' di sorpresa scopriamo proprio quello che rovina i nostri piani: Giove ha un'emissione nella regione del lontano infrarosso e nelle microonde, minore di quella del Sole ma comunque presente.

La situazione è ancora più grave, perché in realtà tutti i corpi celesti emettono radiazione elettromagnetica, compresa la Terra, Mercurio, Venere.

In realtà il fenomeno è ancora più generale: tutti gli oggetti dell'Universo al di sopra dello zero assoluto (-273,16°C) emettono radiazione elettromagnetica, detta di corpo nero.

L’emissione è direttamente collegata alla temperatura del corpo ed è maggiore quanto maggiore è la temperatura.

Sotto questo punto di vista, il pianeta che emette maggiore radiazione elettromagnetica è Venere, semplicemente perché il più caldo del Sistema Solare, diventando addirittura visibile nel vicino infrarosso, proprio come visto nel capitolo dedicato.

La radiazione termica di Venere, dei pianeti, dello stesso corpo umano e di ogni stella, ha pure identiche proprietà fisiche.

A questo punto le nostre certezze cadono: se tutti i corpi celesti emettono radiazione elettromagnetica, qual è la vera differenza tra un pianeta come Giove e una stella come il Sole?

La risposta non si trova nelle proprietà della radiazione emessa, ma nella fonte di energia che la genera.

Tutti i pianeti possiedono una certa temperatura perché vengono scaldati dalla radiazione solare. Come conseguenza, emettono a loro volta radiazione di corpo nero in funzione della loro temperatura, ma non possiedono alcun meccanismo endogeno di produzione dell’energia.

Sembrerebbe che siamo giunti a un punto chiave per chiarire la differenza tra stella e pianeta, ma le cose non sono così semplici.

Se misuriamo infatti la quantità di energia che irradia Giove nell’infrarosso, scopriamo che è circa il doppio di quella che dovrebbe emettere se l’unico meccanismo fosse il riscaldamento provocato dalla radiazione solare.

Giove, e in parte minore anche Saturno, emettono più energia di quella che ricevono dal Sole; se ne deduce, quindi, che una parte proviene da qualche processo intrinseco al pianeta.

Qual è la differenza tra una stella e un pianeta, se qualche pianeta ha un meccanismo di produzione proprio dell’energia?

La risposta più generale deve poggiare le fondamenta sul processo alla base della produzione dell'energia, che per i pianeti è molto diverso rispetto alle stelle.

L’energia delle stelle

L’energia che aumenta la temperatura e fa brillare di radiazione termica il Sole e tutte le altre stelle è prodotta dalla stella stessa, nel nucleo.

A differenza di pianeti come Giove e Saturno l’energia delle stelle deriva da un processo chiamato fusione nucleare, visto nel capitolo riguardante il Sole.

L’energia rilasciata durante il processo di fusione è sottoforma di raggi gamma, radiazione elettromagnetica estremamente energetica e non dipendente dalla temperatura.

A questo punto un’attenta analisi potrebbe rivelare una contraddizione nel percorso che stiamo affrontando.

Nel descrivere la radiazione elettromagnetica proveniente dalle stelle si è soliti utilizzare l’aggettivo “termica”, intendendo con questo che le proprietà della radiazione emessa dipendano solamente dalla temperatura.

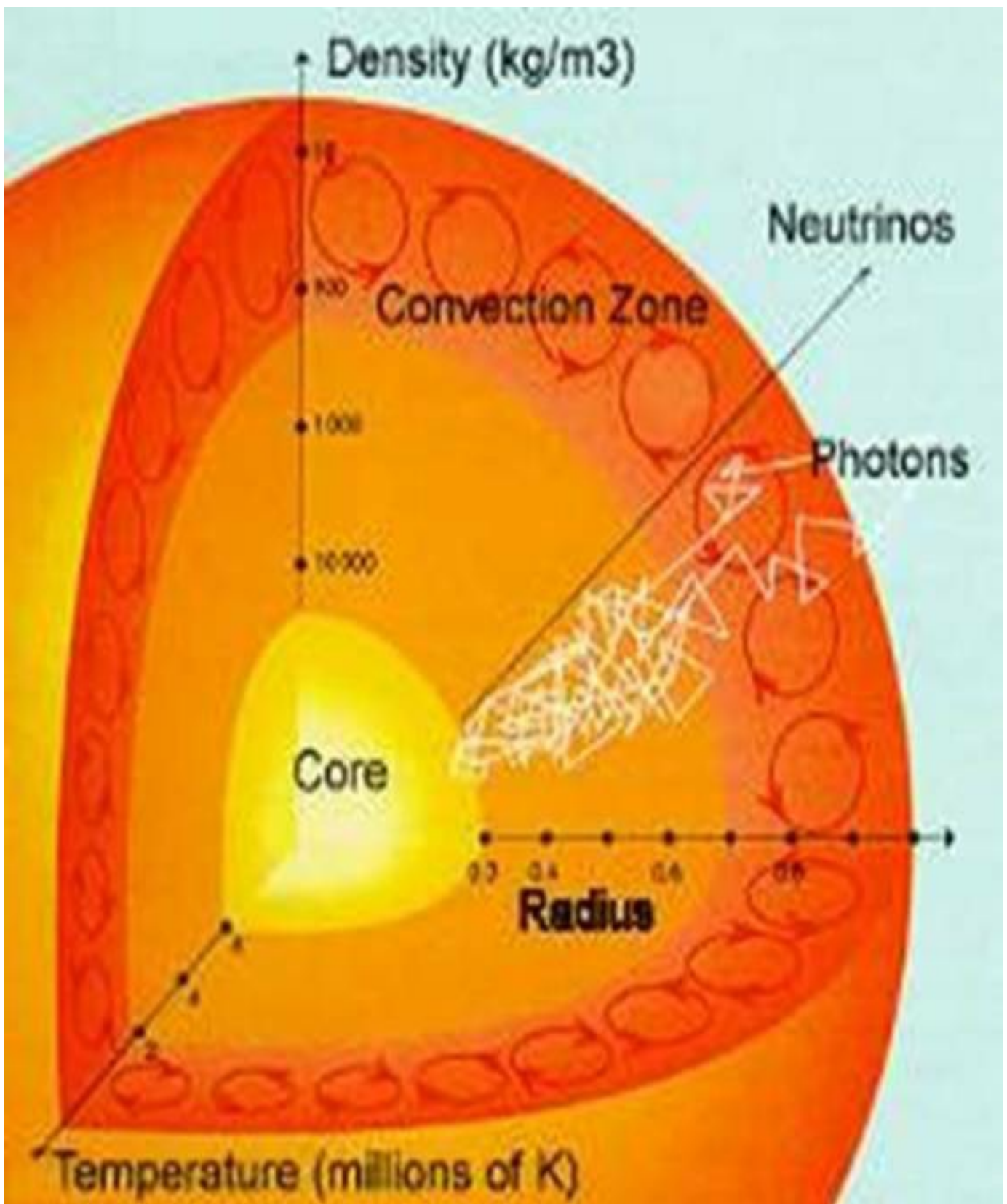
Com’è possibile generare la radiazione termica che osserviamo provenire da tutte le stelle del cielo con un meccanismo come la fusione nucleare che di termico non ha nulla? In altre parole: com’è possibile che la radiazione elettromagnetica prodotta dalle reazioni di fusione nucleare nel nucleo si trasformi ed esca dagli strati superficiali della stella sottoforma di radiazione termica?

La risposta non è troppo complessa se si riescono a immaginare le condizioni estreme degli interni stellari (densità elevatissime, almeno nel nucleo).

Se il tragitto fosse privo di ostacoli i raggi gamma prodotti dalle reazioni di fusione nucleare (qualsiasi processo nucleare produce esclusivamente radiazione di tipo gamma, o al limite *X*)

raggiungerebbero la superficie di una stella di taglia medio-piccola come il Sole in poco più di 2 secondi, liberandosi poi nello spazio con il loro carico di morte (i raggi gamma sono distruttivi per la vita e per qualsiasi legame molecolare e atomico), rendendo l'Universo un posto totalmente ionizzato e privo, probabilmente, di forme di vita.

Fortunatamente, a causa delle elevatissime densità il cammino della radiazione è tutto fuorché tranquillo.

La radiazione di partenza viene assorbita e modificata dalle particelle che incontra nel suo cammino. Gli urti e le modificazioni sono così elevate che quando essa raggiunge la superficie della stella (fotosfera), oltre a essere dispersa su una superficie molto maggiore, ha perso memoria dei meccanismi con i quali è stata generata. Il percorso è così pieno di ostacoli che il tempo richiesto a un fotone gamma per raggiungere la superficie è pari a circa un milione di anni!

Struttura di una stella simile al Sole e in bianco il tortuoso tragitto compiuto da un fotone emesso dalle reazioni di fusione nel nucleo prima di trovare la via d'uscita

Si verifica quindi una trasformazione dell'energia.

I processi di fusione producono raggi gamma che non

dipendono dalla temperatura. Fortunatamente questi non riescono a uscire dalla stella ma vengono assorbiti dalla notevole quantità di gas che incontrano nel loro tragitto. Il gas a questo punto si scalda e riemette energia in dipendenza della sua temperatura.

Mano a mano che ci si allontana dal nucleo, la temperatura del gas diminuisce perché la radiazione si sparpaglia su una superficie sempre più grande, fino ad arrivare alla fotosfera, l'ultimo strato gassoso in grado di bloccare la radiazione proveniente dall'interno.

La fotosfera è finalmente trasparente; la radiazione termica emessa dal gas in questo strato può finalmente disperdersi nello spazio.

Siamo distanti centinaia di migliaia di km dal nucleo, e delle proprietà della radiazione emessa dai processi di fusione nucleare non vi è più traccia.

La fotosfera solare ha una temperatura di 5500°C, quindi emette radiazione elettromagnetica come qualsiasi corpo che si trova a questa temperatura, a prescindere dai processi responsabili del riscaldamento del gas.

Pianeti e stelle: un confine sottile

Nei pianeti (fortunatamente) non esiste alcun processo di fusione nucleare, perché la massa è troppo piccola per instaurare nel nucleo le condizioni necessarie, che richiedono una temperatura di 15 milioni di gradi.

I pianeti rocciosi, addirittura, oltre a non avere le caratteristiche di pressione e temperatura necessarie, sono anche privi della materia prima, l'idrogeno.

La differenza tra un pianeta e una stella è quindi questa (finalmente ci siamo arrivati!): le stelle producono energia attraverso processi di fusione nucleare, i pianeti no.

L'unico discriminante affinché possano avvenire processi di fusione nucleare è la massa del corpo celeste.

Giove, benché abbia composizione chimica simile al Sole, è troppo poco massiccio: la forza di gravità non è sufficientemente forte a comprimere e riscaldare il nucleo fino a innescarli.

Mano a mano che la massa aumenta le condizioni si avvicinano sempre di più a quelle ideali per l'accensione della stella.

Corpi celesti superiori alle 12-13 volte la massa di Giove sono denominati nane brune, una via di mezzo tra pianeti e stelle.

In questi oggetti c'è una debole attività di fusione nucleare iniziale che si esaurisce dopo poco tempo.

A questo punto la nana bruna splende grazie al calore residuo e all'energia accumulata a causa del collasso gravitazionale.

Possiamo a questo punto chiederci: le nane brune sono stelle o pianeti?

Domanda molto interessante, alla quale, però, non è possibile

dare una risposta certa.

Il problema, però, è più linguistico che astrofisico.

Le definizioni sono uno strumento inventato dall'uomo per fare ordine e catalogare gli eventi e gli oggetti dell'Universo, non un qualcosa intrinseco a esso come le leggi fisiche. Ne consegue che siamo noi a stabilire i criteri di appartenenza a una certa classe di oggetti, ma questo naturalmente non cambia affatto il funzionamento dell'Universo, che segue la sua strada.

L'esempio migliore si ha proprio con la definizione di pianeta.

Fino a pochi anni fa era effettivamente quella semplice che ho citato poche pagine indietro. Poi gli scienziati hanno cominciato a scoprire corpi celesti simili a Plutone oltre la sua orbita.

A questo punto si doveva scegliere se la definizione di pianeta dovesse includere anche questi, facendo salire oltre 15 il calcolo totale del Sistema Solare, oppure modificarla per salvare i corpi celesti principali.

Si decise allora di creare la classe dei pianeti nani e di inserirci Plutone e i corpi minori di maggiori dimensioni. Per essere definito pianeta il corpo celeste doveva superare determinate dimensioni e avere un'orbita simile a quella degli altri.

Tutto questo naturalmente non ha cambiato di una virgola le proprietà della natura e dei corpi celesti; sono le nostre conoscenze che evolvendosi hanno cercato parole migliori per essere espresse.

Negli ultimi anni si è discusso molto se attribuire lo status di pianeti o stelle alle nane brune.

Da una parte ci sono le evidenze per catalogarle come pianeti:

nessun processo stabile nel tempo di fusione nucleare, spesso orbitano attorno a stelle molto più grandi, le loro atmosfere si pensa siano piuttosto attive e simili, almeno in apparenza, a quella di Giove.

Dall'altra parte vi sono i punti a favore della teoria stellare: temperatura superficiale compresa tra 700 e 2.000°C, decisamente maggiore di quella di un pianeta gassoso, diametro e composizione chimica più simile a una stella che a un pianeta, struttura convettiva senza alcuna differenziazione gravitazionale, proprio come le stelle.

Pochi sono gli astronomi che considerano le nane brune delle stelle vere e proprie, e ancora meno coloro che le classificano come pianeti. La definizione migliore per questi oggetti è quella di stelle mancate. Si tratta semplicemente dell'anello di congiunzione tra stelle e pianeti, e in quanto tale ha caratteristiche uniche.

Il limite tra pianeta e nana bruna non è univoco e per ora è posto attorno alle 12-13 masse di Giove, il minimo per bruciare attraverso la fusione nucleare il deuterio presente nel nucleo e innescare processi convettivi che impediscono la formazione di un nucleo roccioso come nei pianeti (Giove compreso).

Il limite tra nana bruna e stella è ben più marcato, sebbene non immediato da riconoscere dalle osservazioni. Quando un corpo celeste ha una massa superiore alle 80 masse gioviane, riesce a fondere le grandi riserve di idrogeno nel nucleo.

È interessante notare che se una nana bruna di 70 masse gioviane non riesce a splendere per più di qualche centinaio di milioni di anni, una stella di sole 80 masse gioviane può brillare per diverse decine di miliardi di anni.

Curioso questo fatto dell'Universo: o si è una specie di ibrido

destinato a spegnersi velocemente, oppure si diventa, con poca massa in più, una delle stelle più longeve!

Giove è troppo piccolo anche per essere catalogato come nana bruna, sebbene emetta più energia (2,5 volte maggiore) di quella che riceve dal Sole. Il meccanismo responsabile della produzione di energia è da attribuire al riscaldamento per collasso gravitazionale, piuttosto evidente nei pianeti gassosi, che continuano a contrarsi lentamente anche per miliardi di anni dopo la formazione. Un gas che viene compresso si scalda, generando quindi energia.

Da escludere il fatto che Giove abbia potuto sviluppare, anche in passato, processi di fusione nucleare perché la temperatura nucleare si aggira intorno ai 20.000°C, 50 volte più bassa di quella minima richiesta.

Spesso si legge su libri e su internet che Giove sia una stella mancata.

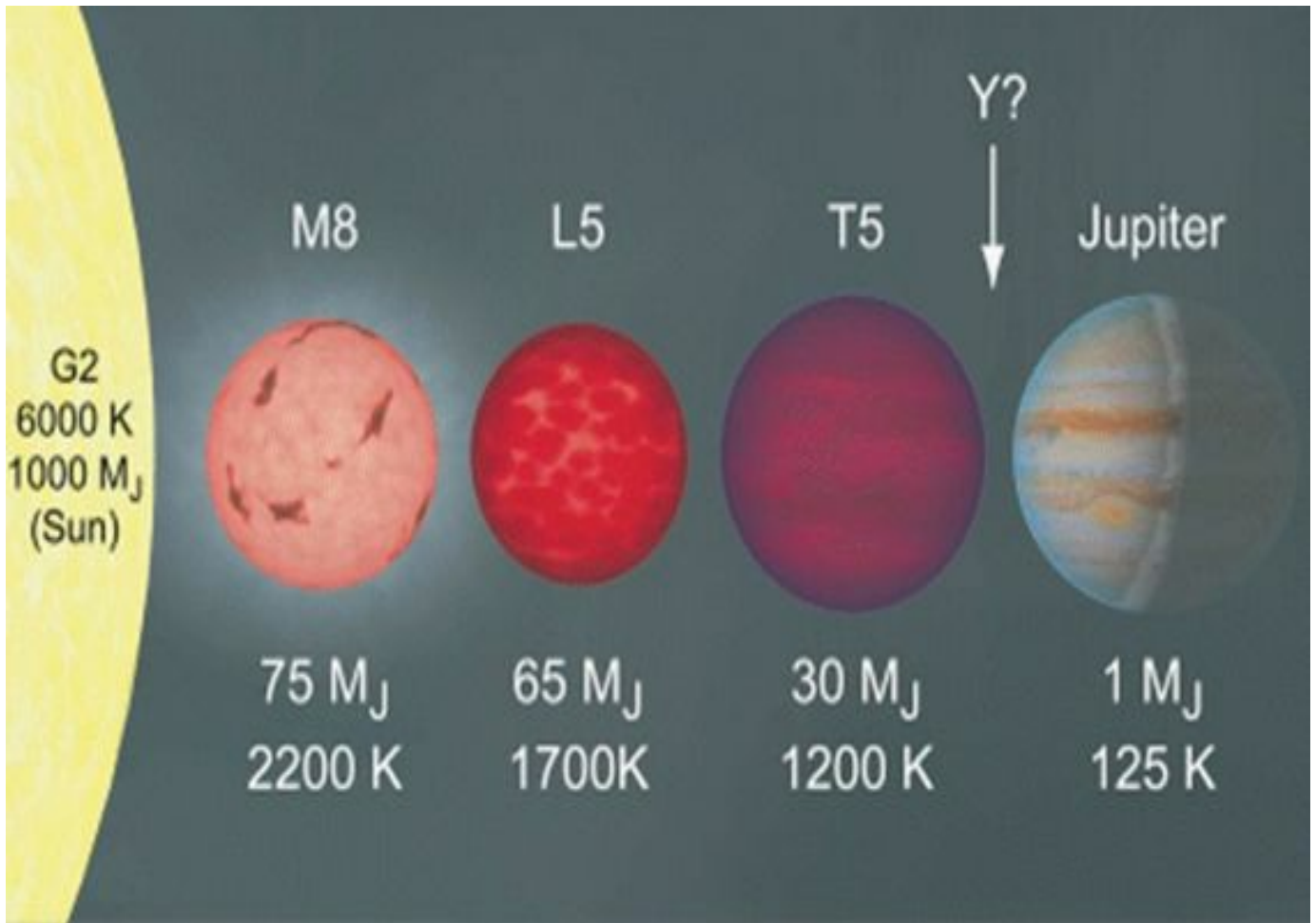
Questo punto è molto discutibile perché il pianeta gigante avrebbe dovuto essere almeno 70-80 volte più massiccio per diventare una stella.

È come dire che la Terra è un pianeta gassoso mancato, se solo fosse stato almeno 70 volte più massiccio. Concordo sul fatto che tutto sia relativo, ma una differenza di massa di questa portata è difficile giudicarla piccola!

Come compreso, l’argomento è complesso e mi auguro almeno di essere riuscito a spiegare chiaramente quali siano le problematiche in gioco.

Ricordiamoci piuttosto da dove è partito tutto questo discorso (peraltro incompleto). Da una semplice domanda: qual è

la differenza tra una stella e un pianeta?

Come possiamo notare, se indaghiamo a fondo e ci poniamo qualche domanda in più, anche le questioni apparentemente più banali possono rivelarsi dei grandi problemi astrofisici.

Classificazione delle nane brune e confronto tra dimensioni e massa con il Sole e Giove. Da notare che massa e dimensioni non sono necessariamente legate. Quasi tutte le nane brune sono più piccole di Giove ma contengono molta più materia.

Si pensa che questa classificazione, fatta in base alla temperatura superficiale, dipenda dal tempo. Le nane brune infatti sono destinate a raffreddarsi perché non possiedono processi stabili di produzione dell'energia attraverso la fusione nucleare. A sinistra, vicino al Sole, un oggetto di classe M8 dovrebbe essere una stella a tutti gli effetti, chiamata nana rossa.

Domande e risposte

Questo spazio all'interno della sezione di astronomia teorica è rivolto a tutti coloro che trovano irresistibili i grandi temi dell'astronomia, ma allo stesso tempo credono siano al di fuori della loro portata.

Non è così, e spero di dimostrarvelo rispondendo, di volta in volta, a un paio di domande semplici. Non lasciatevi ingannare da questo aggettivo: nell'Universo a domande facili corrispondono spesso risposte articolate e davvero sorprendenti.

Se avete qualche domanda alla quale volete trovare risposta, scrivetemi all'indirizzo: info@danielegasparri.com

Perché il Sole e le stelle sono così brillanti?

Il Sole, come tutte le stelle, brilla di una luce estremamente intensa. Come molti altri suoi colleghi, questa immensa energia sarà disponibile per diversi miliardi di anni.

Ma da dove proviene?

In Natura l'energia non si crea dal nulla, ma si può solo trasformare. La luce che possiamo osservare del Sole, deve quindi provenire da qualche processo che attinge ad una quantità enorme di energia.

Per molto tempo la fonte di energia delle stelle è stata uno dei più grandi misteri dell'astronomia, mettendo alla prova la pazienza e la mente di generazioni di scienziati.

Nel diciannovesimo secolo, alcuni astronomi ipotizzarono che l'energia derivava direttamente dal processo di contrazione gravitazionale. Quando un gas si comprime si scalda ed emette

luce, quindi perché le stelle non potrebbero emettere la stessa energia mano a mano che si comprimono?

Calcoli alla mano, altri astronomi dimostrarono che questa fonte di energia avrebbe potuto essere sufficiente per non più di qualche milione di anni, una decina al massimo.

Com'è possibile, allora, che ci siano stelle molto, molto più vecchie?

La risposta, quindi, è sbagliata; c'è qualche altro meccanismo che fa brillare le stelle e le mantiene in vita contro la loro stessa forza di gravità che tenderebbe a farle implodere.

L'energia prodotta, e successivamente emessa sottoforma di radiazione elettromagnetica, si origina dal processo di fusione nucleare, che si sviluppa nella zona centrale del Sole (non oltre un raggio del 10% rispetto al totale), relativamente facile da comprendere.

L'idrogeno, che è l'elemento principale, al centro si trova in forma ionizzata, ovvero privo del suo unico elettrone. L'atomo di idrogeno privato dell'elettrone si riduce ad una singola particella: il protone, di carica positiva.

A causa della forza elettromagnetica due particelle della stessa carica si respingono in modo maggiore quanto minore è la loro distanza, proprio come succede anche per due calamite quando vengono avvicinate secondo due poli dello stesso segno.

Al centro del Sole, tuttavia, la temperatura è così elevata che gli urti tra protoni sono estremamente energetici. Basti pensare che la forza con cui si avvicinano due particelle di questo tipo è simile a quella che eserciterebbe una montagna se si trovasse sulle nostre spalle. Questa enorme forza alla quale tutti i protoni del nucleo sono sottoposti riesce a farli avvicinare gli uni agli altri fino alla distanza critica di 10^{-15} metri (un milionesimo di

miliardesimo di metro!).

Questa distanza è estremamente importante per il funzionamento stesso dell'Universo.

Quando due protoni si trovano entro questo raggio, la repulsione elettromagnetica cessa di colpo e cede il posto ad un nuovo tipo di interazione, chiamato forza forte.

La forza forte è attrattiva e ben 100 volte più intensa della repulsione elettromagnetica.

Le particelle, che fino a quel momento cercavano di allontanarsi in tutti i modi respingendosi con una forza mostruosa, ad un certo punto si fondono unite da una potentissima colla.

In realtà le cose sono un po' più complesse, al punto da richiedere qualche nozione di meccanica quantistica, ma noi ci accontentiamo di sapere che se la temperatura è molto alta, le particelle possiedono così tanta energia che possono vincere la repulsione elettromagnetica ed essere poi fuse dalla forza forte. Quando questo accade, si forma una nuova specie atomica (un nuovo elemento).

Ma com'è possibile che questo processo produca energia?

Se con una bilancia immaginaria pesassimo questo nuovo elemento e lo confrontassimo con il peso delle particelle di cui è composto quando si trovano libere, noteremmo una differenza piccola, ma fondamentale. Dalla fusione di due nuclei di idrogeno si forma un nucleo di elio che possiede una massa inferiore dello 0,7% rispetto alla somma delle masse delle particelle di cui è composto.

La massa mancante si è trasformata in energia, secondo la famosissima relazione di *Einstein*: $E = mc^2$. È questa energia, liberata sottoforma di raggi gamma, quella che consente a tutte le

stelle dell’Universo di brillare, quindi di esistere.

Il ciclo di reazioni più importante che permette al Sole e alle altre stelle di splendere per molto tempo è chiamato catena protone-protone.

Nella catena protone-protone vi sono coinvolti 4 nuclei di idrogeno che portano alla formazione di un nucleo di elio 4, formato da 2 protoni e 2 neutroni.

L’energia prodotta in questo modo è spaventosamente alta; basti pensare che un grammo di atomi di idrogeno fondendosi produce la stessa quantità di energia che si ricava bruciando 11 tonnellate(!) di carbone.

Nel Sole ogni secondo viene prodotta un’energia spaventosa, pari a $3,8 \cdot 10^{26}$ Watt.

In un anno l’energia generata è miliardi di volte la produzione dell’intero genere umano in tutta la sua storia.

Quanti anni ha il Sistema Solare? È' sempre esistito?

Come tutte le strutture dell'Universo, anche il Sistema Solare ha avuto un'origine e conoscerà una fine.

Il fatto che durante le nostre vite ci sembri sempre lo stesso, è dovuto esclusivamente alla differenza tra la nostra scala dei tempi e quella dell'Universo.

Secondo le nostre esperienze, un intervallo di tempo di 100 anni è probabilmente il massimo che una vita umana riesca ad affrontare. Tutta la nostra civiltà non ha una storia più antica di 10.000 anni. La nostra specie non va oltre i 2 milioni di anni e ci sembrano già un'infinità.

Per l'Universo questi enormi intervalli di tempo assomigliano ad uno schiocco di dita, o al limite ad uno sbadiglio.

Il Sistema Solare non fa di certo eccezione.

Attraverso lo studio approfondito delle rocce, terrestri ed extraterrestri (altri pianeti, meteoriti), gli astronomi cono arrivati a datare in modo piuttosto preciso l'età del Sistema Solare: 4,568 miliardi di anni fa, con un errore di ±2 milioni di anni.

Prima di questa data non esistevano rocce, quindi neanche i pianeti, ne il Sole.

Il processo di formazione delle prime rocce ha probabilmente richiesto diversi milioni di anni, quindi, possiamo affermare che il Sistema Solare ha presumibilmente iniziato a formarsi 4,6 miliardi di anni fa.

Cosa c'era prima? Semplicemente una nebulosa, un'immensa distesa di gas dalla quale poi sarebbe nato il Sole e i pianeti?

E ancora prima? Probabilmente altre stelle, la cui esplosione ha disseminato lo spazio del prezioso gas utilizzato poi dal Sole e dai pianeti per formarsi.

Quale sarà l’evoluzione del Sistema Solare?

Il destino del nostro sistema planetario è indissolubilmente legato al Sole. Come tutte le stelle, non potrà vivere in eterno. Tra circa 4,5 miliardi di anni si troverà a secco di carburante. Prima si contrarrà, poi si espanderà violentemente diventando 100 volte più grande di adesso, inglobando Mercurio, Venere e probabilmente anche la Terra.

Dopo qualche centinaio di milioni di anni anche il combustibile residuo finirà e il Sole si lascerà lentamente morire.

Il nucleo collasserà sotto il suo stesso peso, formando un oggetto poco più grande della Terra ma migliaia di miliardi di volte più denso. Gli strati esterni, invece, verranno espulsi, restituendo di nuovo all’Universo ciò che aveva preso in prestito ormai 10 miliardi di anni prima.

I pianeti rimanenti continueranno ad orbitare attorno al nucleo collassato, chiamato nana bianca, che lentamente, molto lentamente, si raffredderà e si spegnerà.

Il sipario calerà su questo sistema planetario, ma il ciclo dell’Universo continuerà, anche grazie a parte del gas che il nostro Sole ha deciso di restituire al cosmo.

Astronautica

Questa sezione è estratta dal libro: "Sognando il Sistema Solare".

Siamo arrivati allo spazio dedicato agli amanti dell'esplorazione dello spazio.

L'astronautica, con le sue sfide tecnologiche, i pericoli, i grandi e spettacolari risultati scientifici, è una disciplina che non può non interessare, al di là della passione per l'astronomia.

Grazie all'esplorazione del nostro Sistema Solare abbiamo imparato moltissime nozioni anche per quanto riguarda il funzionamento e le proprietà del nostro delicato e prezioso pianeta, senza contare il salto tecnologico enorme compiuto grazie a dei sognatori che di fronte a difficoltà, spesso enormi, non si sono arresi e hanno sempre cercato di raggiungere le stelle.

Breve Storia del volo spaziale, parte 2: gli Space Shuttle

Lo Space Shuttle era la prima navicella riutilizzabile, con il preciso compito di fare da traghettatrice tra la superficie terrestre e le basse orbite fino a circa 1000 km di altezza, con lanci periodici a intervalli di 10-15 giorni.

La flotta degli Space Shuttle americani ha scritto la storia del volo spaziale umano degli ultimi 30 anni.

Per raggiungere questo scopo fu creata una flotta iniziale di 5 navette, tutte identiche: Enterprise, utilizzata solo in voli di test, Challenger, Columbia Discovery e Atlantis.

Nel 1992 venne inaugurata una nuova navetta chiamata Endevour costruita dai pezzi riciclati dalle navicelle dei i test.

Può sembrare strano, ma tutti gli altri mezzi per mandare nello spazio astronauti potevano (e tuttora possono) volare solo una volta e dovevano essere ricostruiti a ogni nuovo volo.

In apparenza questo può sembrare un incredibile spreco di risorse: sarebbe come costruire un nuovo aereo dopo ogni volo

intercontinentale, invece di trovare una soluzione per riutilizzare il precedente. Teoricamente quindi è molto meglio costruire una navicella in grado di fare molte missioni, magari in rapida successione, per contenere al massimo i costi. Questo fu il pensiero, condivisibile, della NASA.

Purtroppo però, quando si progetta qualcosa di unico, in un ambito ancora non esplorato, le sorprese sono sempre dietro l'angolo e molto raramente i piani, soprattutto vengono rispettati.

La NASA ben presto si accorse che le attenzioni e i controlli di sicurezza che richiedevano le navette per essere pronte al volo successivo facevano lievitare i costi più della costruzione di una capsula "usa e getta" ex-novo.

Non dobbiamo poi dimenticare che la navicella Shuttle rappresenta solamente un pezzo della complessa configurazione di lancio, formata da due grandi razzi laterali (booster) e da un enorme serbatoio pieno di carburante. Quest'ultimo non poteva essere riutilizzato e doveva venir costruito ogni volta.

Queste complicazioni ritardarono di molto anche la frequenza dei voli. Pur con tutta la buona volontà, una navetta doveva aspettare almeno un mese per essere pronta per il volo successivo.

In effetti l'abbandono del programma Space Shuttle è derivato in gran parte dal costo elevatissimo di ogni missione.

Il programma è iniziato ufficialmente il 12 aprile 1981 con il primo volo della navicella Columbia, ed è terminato il 21 luglio 2011 con l'atterraggio della navicella Atlantis.

Sono ben 135 le missioni con equipaggio umano all'attivo della flotta, anche se non sono mancati momenti molto difficili.

Nel 1986 la navicella Challenger esplose appena 72 secondi dopo il decollo, distruggendo le vite dei sette astronauti a bordo. Per la prima volta gli Stati Uniti avevano perso degli uomini nello

spazio.

Nel 2003 Columbia si disintegrò al rientro in atmosfera, a causa di un danneggiamento nello scudo termico subito nelle violente fasi della partenza.

Se la tragedia del Challenger era stata prodotta da un circuito difettoso, quindi evitabile in futuro, quella del Columbia rivelò una sorprendente fragilità strutturale e progettuale che costrinse la NASA ad anticipare la fine di un programma già duramente provato dai tagli al budget e dalla crescente pressione dell'opinione pubblica dopo l'inaspettata fine del Columbia.

Nonostante due incidenti e costi molto superiori alle aspettative, il programma Shuttle ha lasciato segni molto positivi nell'esplorazione spaziale umana, sia dal punto di vista dei risultati che delle innovazioni.

Nella capiente stiva delle navette trovarono posto sonde interplanetarie, satelliti per telecomunicazioni, il telescopio spaziale Hubble e molti moduli della stazione spaziale internazionale.

Le navette potevano accogliere fino a 7 astronauti, contro i tre delle missioni lunari e delle capsule monouso russe; potevano portare in orbita satelliti fino a 3,5 tonnellate nella stiva e avevano un sistema di volo unico nella storia.

Il decollo avveniva in verticale sulla rampa di lancio, come tutti gli altri vettori.

L’emozionante partenza di uno Shuttle. Tutto quel fumo visibile non è altri che vapore acqueo prodotto dai razzi e dall’impianto di raffreddamento della piattaforma di lancio.

I razzi laterali e il grande serbatoio rosso servivano per l’ascesa e venivano espulsi pochi minuti dopo la partenza, ormai privi di carburante.

La navicella raggiungeva l’orbita terrestre con i propri motori e completava la sua missione di 10-15 giorni.

Il momento più delicato era rappresentato dal successivo rientro in atmosfera.

Senza più carburante per effettuare una discesa controllata e

lenta lo Shuttle, come tutte le altre capsule, precipitava letteralmente. Per perdere quota dall'orbita azionava per pochi minuti i razzi di manovra che ne rallentavano la velocità orbitale. A questo punto il campo gravitazionale terrestre faceva perdere rapidamente elevazione all'astronave. L'impatto con gli strati superiori dell'atmosfera, a una quota di 120 km, avveniva a circa 8 km/s.

A una velocità così sostenuta l'aria diventa un ostacolo davvero pericoloso da attraversare.

Proprio come un sasso che viene lanciato velocemente al pelo dell'acqua rimbalza invece di affondare, anche lo Shuttle e tutte le capsule che rientrano in atmosfera devono avere la giusta angolazione, altrimenti potrebbero rimbalzare sullo strato d'aria come una grande pietra e perdersi nello spazio. D'altra parte, un ingresso troppo diretto nel mare d'aria vorrebbe dire la distruzione dell'astronave a causa dell'eccessivo calore generato dall'attrito. Per questo motivo la discesa in atmosfera doveva avvenire secondo una particolare angolazione e orientazione, rigidamente controllata dai computer di bordo.

Si potrebbe immaginare che il computer dedicato ai controlli in tempo reale dell'assetto dell'astronave e dei suoi movimenti dovesse avere una potenza di calcolo inimmaginabile, ma non è così. I computer delle navette Shuttle fino al 1991 disponevano solamente di 500 KB di memoria, ampliata successivamente ad 1 MB. Di fatto, il sistema informatico nato con il progetto Shuttle, sul finire degli anni 70, non si è più evoluto, nonostante la rivoluzione informatica, ma è stato sempre all'altezza della situazione.

Il computer di un'astronave non necessita di una pesante interfaccia grafica che richiede grandi quantità di memoria,

limitandosi solamente a fare un gran numero di calcoli su un sistema operativo il più semplice e affidabile possibile. Di conseguenza, non sono necessari processori super veloci, né, soprattutto, grandi quantità di memoria.

Ci sono un paio di massime che sembrano adattarsi perfettamente a questi casi: ciò che non c'è non si può rompere; finché qualcosa funziona, meglio non sostituirla.

I vecchi sistemi informatici degli Shuttle si sono dimostrati sempre affidabili e capaci di portare a termine, senza ritardi o problemi, tutti i compiti dedicati, quindi perché i tecnici della NASA avrebbero dovuto sostituire tutto il sistema informatico, spendendo decine di milioni di dollari e diverso tempo per fare tutti i test necessari a evitare pericolosi crash di sistema?

Questa filosofia è stata seguita anche dalle capsule russe Soyuz, che fino al 2003 utilizzavano un computer con una memoria di appena 6 KB! Proprio la sostituzione del computer di bordo con uno più performante ha fatto schiantare la prima capsula che lo utilizzava, a testimonianza di quanto sia importante un sistema informatico semplice e affidabile, e non un computer super potente in grado di mostrare contemporaneamente filmati di diversi milioni di pixel!

Il rientro violento in atmosfera dello Shuttle aveva la funzione fondamentale di rallentare l'astronave e prepararla per l'atterraggio, che sarebbe avvenuto a oltre 8000 km di distanza dal punto di rientro in atmosfera.

Con una velocità sufficientemente bassa, l'assetto della navetta a poche decine di chilometri dalla superficie cambiava, trasformandosi in un gigantesco aliante che planava nell'aria e rallentava ulteriormente la sua corsa, senza mai utilizzare i razzi, totalmente inadatti all'assetto da aereo di queste fasi.

L'atterraggio avveniva a una velocità di circa 350 km/h, sensibilmente maggiore di quella dei grandi aerei di linea (circa 260 km/h), tanto da richiedere una pista più lunga e un paracadute per frenarne la corsa.

Certo, le possibilità di manovra non erano simili a quelle di un normale aereo, tanto che dai tecnici fu definito un mattone con le ali, ma osservando gli atterraggi così naturali delle navicelle su una pista di asfalto, invece di un tuffo incontrollato in mezzo all'oceano di una piccola capsula alta neanche tre metri, per la prima volta nella storia si è avuta la sensazione che la conquista dello spazio non fosse più al limite delle nostre capacità tecnologiche.

Fase di atterraggio dello Shuttle Endevour, con il paracadute dispiegato per frenarne la corsa.

Forse il problema dello Shuttle fu quello di aver anticipato troppo i tempi, con un concetto di volo spaziale potenzialmente vincente, ma che non è riuscito a sfruttare risposte tecnologiche sostenibili dal punto di vista economico e della sicurezza dei voli (2 fallimenti su 135 missioni, davvero troppi!).

Proprio per questi motivi i russi non hanno mai portato a termine la loro navicella riutilizzabile.

Il progetto Buran era una copia quasi identica dello Shuttle, ma dopo il primo volo di prova nel 1988 venne abbandonato.

Benché l'era degli Shuttle sia irreversibilmente terminata, queste restano le navicelle simbolo dell'esplorazione spaziale, sebbene nello spazio profondo non ci siano mai arrivate.

La bassa orbita terrestre, costi a parte, è un luogo relativamente semplice da raggiungere con missioni umane. Non richiede razzi potenti come quelli che servono per andare sulla Luna (lo Space Shuttle era molto più piccolo del Saturn V), può essere raggiunta in pochi minuti ed è abbastanza vicina per programmare eventuali missioni di soccorso.

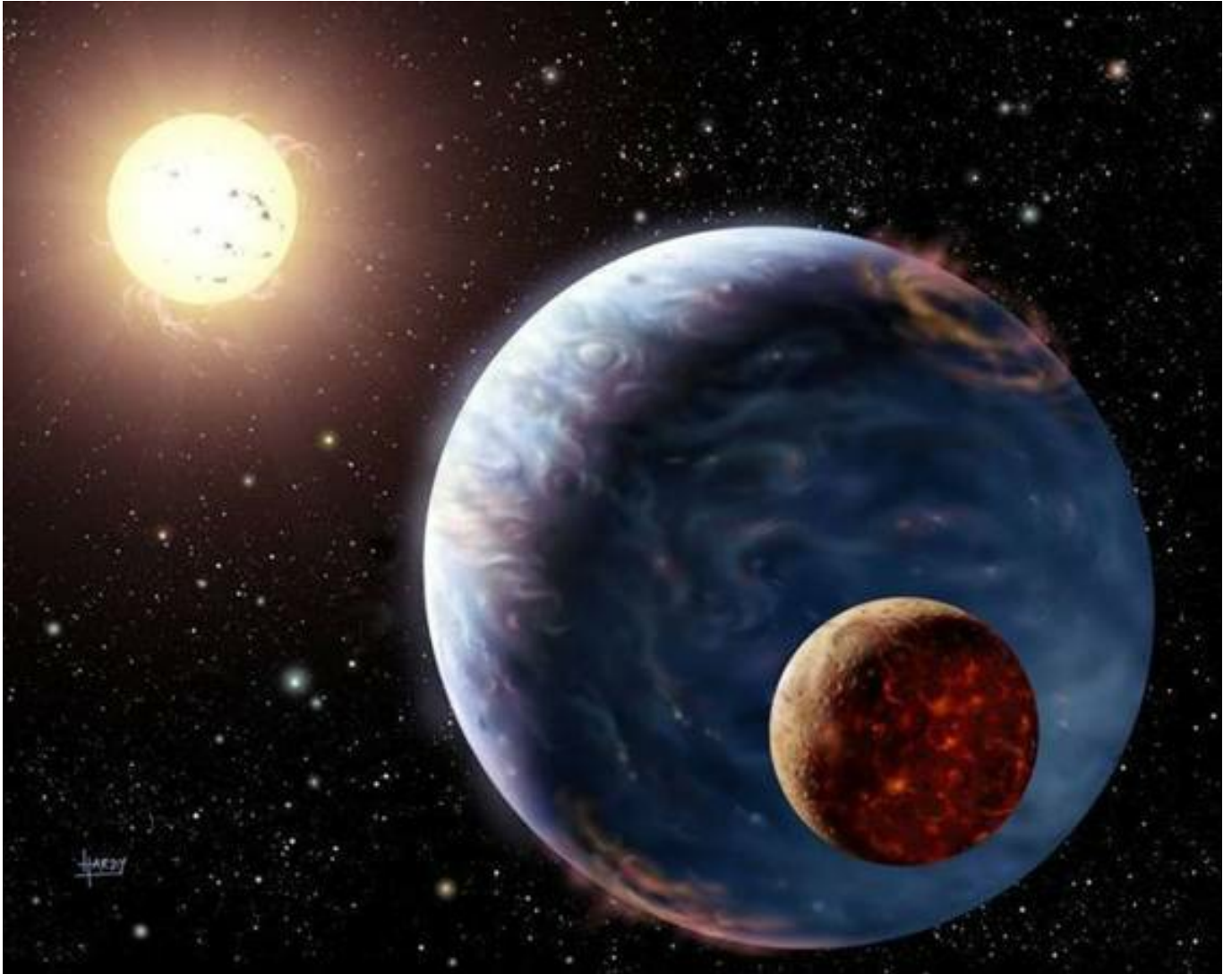
A parte la breve parentesi delle missioni lunari, tutto il programma spaziale con equipaggio umano si è svolto e continua a svolgersi a non più di 500 km dalla superficie terrestre. Può sembrare riduttivo, e in parte lo è, ma questa è la zona di spazio più vicina e sicura che possiamo sfruttare per numerosi esperimenti scientifici, ricerche, osservatori astronomici, comunicazioni, studio della superficie terrestre. Se non si ha l'obiettivo di visitare altri corpi celesti, mandare astronauti in

zone di spazio molto più lontane rispetto alla bassa orbita terrestre non porta alcun vantaggio, ma solamente una lunga serie di difficoltà.

Attualità

In questa sezione finale vengono proposte notizie e riflessioni sui temi più attuali, spaziando dall'esplorazione di

Marte alle galassie più lontane dell'Universo. A decidere gli argomenti è semplicemente l'enorme progresso scientifico cui va incontro una disciplina attiva come l'astronomia. Scoperte piccole e grandi si susseguono a ritmi frenetici, sebbene gli astronomi in tutto il mondo rappresentino una piccola comunità che a mala pena raggiunge le 20 mila unità. Ma mai come in questo caso la determinazione può superare tutte le difficoltà della disciplina più impegnativa che esista.

Pianeti extrasolari: a che punto siamo?

Rappresentazione artistica di un pianeta extrasolare.

Il primo pianeta al di fuori del nostro Sistema Solare è stato scoperto nel lontano 1995, orbitante attorno alla stella 51 Pegasi. Quel primo capostipite venne denominato pianeta extrasolare, un termine che definisce tutti i corpi celesti planetari che orbitano attorno a stelle diverse dal Sole.

Sono trascorsi 18 anni, delle ere geologiche per la branca dell'astronomia che si occupa della ricerca e dello studio dei pianeti al di fuori dal nostro Sistema Solare.

In meno di un ventennio sono cambiate radicalmente le nostre conoscenze, le teorie in merito alla formazione, sviluppo e

popolazione. Ma soprattutto è cambiata l'idea di Universo e la percezione che abbiamo della nostra importanza in questo spazio immenso che un tempo si pensava fosse popolato solamente da stelle, galassie, nebulose e molti altri oggetti estranei alla nostra esperienza che questi occhi, e solo questi, erano capaci si osservare e comprendere.

Ci sentivamo forse soli, sicuramente sperduti, incapaci di spiegare perché in tutto l'Universo che riuscivamo a osservare non c'era traccia di nessun altro pianeta, se non quello su cui abitiamo e gli altri 7 che condividono il viaggio nella Galassia attorno a questa stella così comune chiamata Sole.

Se qualcuno la potesse osservare dall'esterno, senza conoscere il pianeta azzurro e pieno di vita che custodisce gelosamente, il Sole non sarebbe nient'altro che la perfetta rappresentante della popolazione di stelle più comuni dell'Universo. Di taglia medio-piccola, con una media composizione di metalli e una vita lunga e stabile, la nostra stella è una in mezzo a decine e decine di miliardi di simili sparse in tutta la Via Lattea.

Eppure, perché solo quest'astro ha sviluppato un sistema planetario così complesso?

Questa domanda, fino al 1995, non aveva trovato solide basi per avere una risposta precisa. Tutti però nell'ambiente astronomico conoscono una regola non scritta molto potente:

Se nell'Universo qualcosa si verifica una volta, allora nulla impedisce che si possa verificare decine, centinaia, milioni, miliardi di altre volte. Il Cosmo, per quanto ne sappiamo, non contempla colpi di genio isolati, eccezioni e strappi alle sue regole che invece sceglie di seguire con perfetta precisione. Se una stella normale come il Sole ha un sistema planetario, allora è

possibile che buona parte, o tutte quelle simili, ne abbiamo almeno uno e che il Sistema Solare non è nient'altro che il rappresentante di una classe molto comune nell'Universo.

Detto, fatto: dal 1995 al 2013 sono stati scoperti migliaia di nuovi sistemi planetari e altrettanti pianeti.

Pianeti sono stati individuati attorno a stelle simili al Sole, a grandi giganti azzurre e piccole mezze stelle chiamate nane brune.

Pianeti sono stati rilevati addirittura attorno a pulsa, stelle morte con immani esplosioni chiamate supernovae.

Pianeti ovunque, anche a due passi da casa

I pianeti sembrano presenti anche in ambienti ancora più particolari, come stelle doppie e sistemi multipli, quest'ultimi molto comuni nella Galassia. L'esempio più eclatante è arrivato nell'ottobre 2012 quando un team internazionale di astronomi ha annunciato di aver scoperto un sistema planetario attorno alla stella Alpha Centauri.

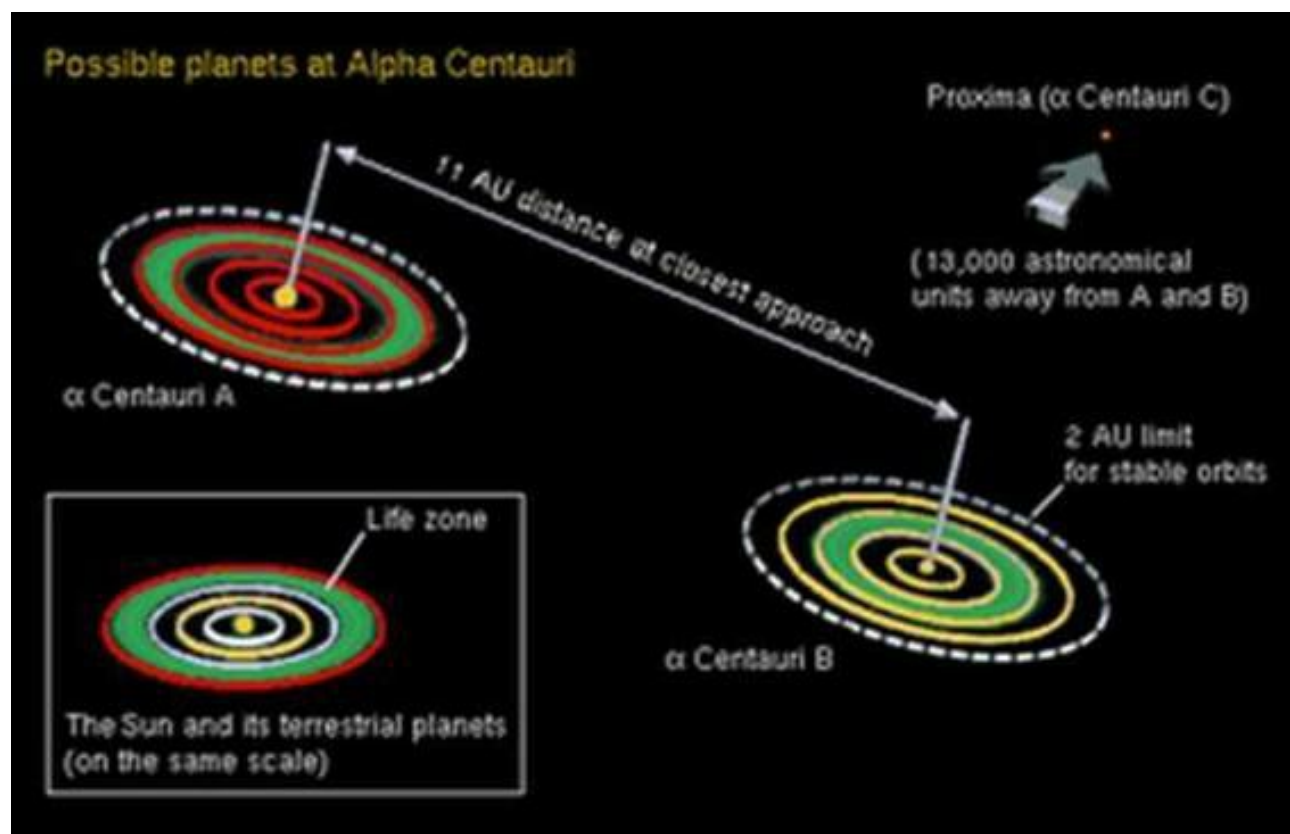
In un viaggio virtuale al di fuori del Sistema Solare, verso lo spazio interstellare, a 4,3 anni luce di distanza, circa 40 mila miliardi di chilometri, si incontra un sistema si stelle triplo, il più vicino, dominato dalla brillante luce di Alpha Centauri. La seconda componente è denominata Alpha Centauri B, simile al Sole ma leggermente più piccola, la terza è chiamata Proxima ed è visibile solo con un telescopio.

Per decine anni gli astronomi, ben prima che la tecnologia lo permettesse, hanno cercato di rilevare pianeti attorno a queste tre stelle, che considerate le scale delle distanze dell'Universo sono estremamente vicine a noi, ma senza ottenere risultati.

Eppure scoprire pianeti attorno a queste stelle poteva rappresentare un'ottima occasione per poterli studiare da vicino e, magari, poter entrare in contatto con eventuali civiltà extraterrestri. Per decenni, forse secoli, nessuna traccia di pianeti attorno al sistema di Alpha Centauri.

Poi, qualche anno fa, alcune simulazioni effettivamente rendevano plausibile l'esistenza di un sistema planetario, senza però ottenere alcuna prova osservativa.

Ci sono voluti altri anni di osservazioni con gli strumenti attualmente più sensibili che abbiamo a disposizione per poter finalmente realizzare il sogno nascosto di generazioni di

astronomi. Con il potente spettroscopio HARPS, collegato al telescopio da 3,6 metri del telescopio dell'ESO di La Silla, in Cile, è stata individuata la traccia inequivocabile di un pianeta orbitante attorno ad Alpha Centauri B analizzando le perturbazioni indotte sulla stella.

Possibili pianeti attorno al sistema di Aplha Centauri

Il metodo, chiamato delle velocità radiali, si basa sul fatto che in un sistema formato da almeno due corpi, non importa quanto diversi in massa, entrambi orbitano attorno al baricentro comune, detto anche centro di massa. Di conseguenza anche le stelle, molto più grandi dei pianeti, compiono comunque delle orbite attorno a questo punto, che tenderà a essere tanto più vicino al centro della stella quanto maggiore è la differenza con la massa del pianeta.

A titolo di esempio, un pianeta come Giove attorno al Sole induce una velocità orbitale della stella pari a pochi metri al

secondo, quindi poche decine di chilometri l’ora.

Se rilevare queste velocità a distanze di decine o centinaia di anni luce sembra fantascientifico, quello che sono riusciti a fare gli astronomi dell’ESO ha superato qualsiasi immaginazione (e addirittura la precisione dei radar della polizia con cui si misura la velocità delle nostre automobili).

Il pianeta attorno ad Alpha Centauri B fa muovere la stella su un’orbita ad una velocità di appena 1,8 km/h, 51 centimetri al secondo!

Dalla piccola perturbazione e dal periodo con cui si ripete è stata calcolata la massa e la distanza del pianeta. Si tratta di un corpo celeste sorprendentemente piccolo per gli standard dei pianeti extrasolari, di massa simile a quella della Terra! E’ stato quindi scoperto il nostro pianeta gemello, per di più nel sistema stellare a noi più vicino?

Purtroppo no, perché l’impavido corpo celeste orbita attorno alla sua stella in appena 3,2 giorni a pochi milioni di chilometri (per la precisione 6), sperimentando, presumibilmente, temperature estremamente elevate, simili, se non superiori, a quelle del nostro Mercurio.

Condizioni climatiche a parte, la scoperta è davvero epocale: non solo è stato scoperto uno dei pianeti più piccoli fino a questo momento, ma addirittura attorno al sistema stellare a noi più vicino.

I pianeti potrebbero essere davvero comuni nell’Universo, soprattutto i piccoli rocciosi simili alla Terra, che silenziosi e ancora ben nascosti dal nostro livello tecnologico, potrebbero essere più abbondanti delle stelle!

Inoltre, se attorno al sistema di Alpha Centauri c’è un pianeta, niente esclude che non possano essercene altri, anche

attorno alle altre due componenti.

Un sistema di pianeti nell’immediata periferia del nostro Sistema Solare, alcuni dei quali, magari, potrebbero trovarsi alla giusta distanza, rappresenterebbe un’occasione irripetibile per gli astronomi e un sogno un po’ meno fantascientifico per migliaia di appassionati.

Abbiamo trovato la Terra gemella?

Scoprire un pianeta attorno a un'altra stella non è così semplice come si potrebbe pensare e come ne abbiamo già avuto un assaggio nel paragrafo precedente. Le distanze in gioco sono così grandi e le differenze di luminosità così elevate (un pianeta è milioni di volte meno luminoso di una stella) che pochissimi sono i pianeti che abbiamo visto direttamente grazie alle immagini scattate dai più potenti telescopi del mondo.

I pianeti extrasolari si evidenziano attraverso dei metodi, detti indiretti, che si basano sull'osservazione di piccole perturbazioni nell'immagine della stella che li ospita, questa si molto più facile da studiare.

I metodi per la scoperta dei pianeti extrasolari si concentrano quasi esclusivamente sulle perturbazioni gravitazionali che ogni corpo, seppur piccolo, riesce a produrre sulla propria stella. In un caso molto particolare, invece, si studia la luminosità della stella nel tempo, che potrebbe subire un leggerissimo calo nel caso in cui il pianeta gli passi prospetticamente di fronte. In questo caso si verifica un transito, simile a quanto succede qui da noi per Mercurio e Venere.

Ma perché siamo finiti a parlare dei metodi di scoperta invece di rispondere alla domanda che ci siamo posti in apertura di paragrafo?

Semplice: perché le caratteristiche dei pianeti scoperti fino a questo momento dipendono criticamente dai nostri metodi di indagine e dai limiti della nostra tecnologia.

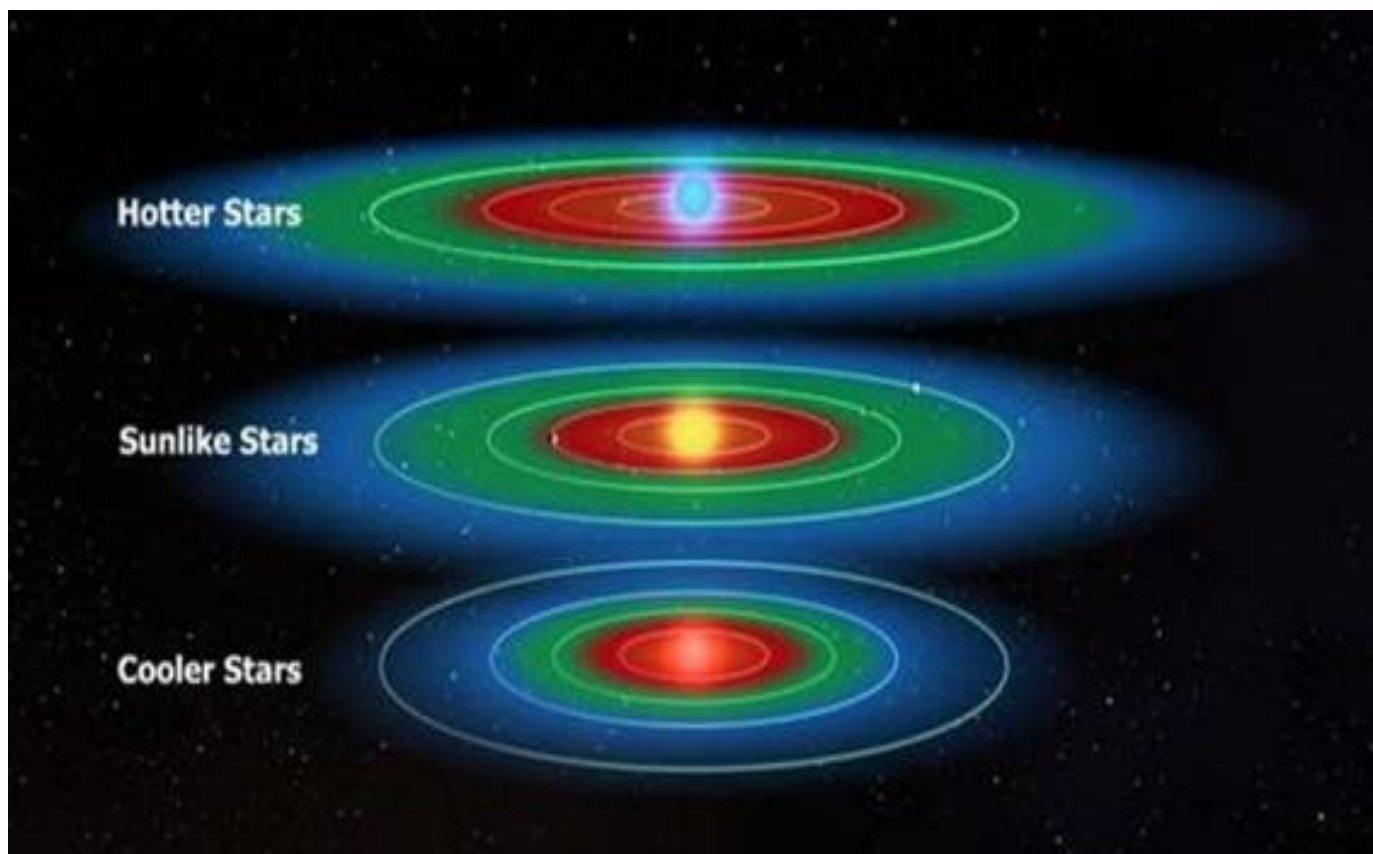
Trovare corpi celesti simili alla Terra quanto a dimensioni e proprietà orbitali è ancora al limite delle capacità dei nostri telescopi. Rilevare invece un pianeta grande come Giove che

orbita a pochi milioni di chilometri dalla propria stella, è così (relativamente) semplice che è alla portata persino di un telescopio amatoriale di 15 centimetri di diametro!

È per questo motivo che fino a pochi anni fa non si conoscevano pianeti simili alla Terra, ma una classe tutta nuova, chiamata Giovi caldi. Questi giganti gassosi simili a Giove sono pianeti che orbitano ben all'interno dell'orbita di Mercurio e sperimentano così temperature superficiali che possono raggiungere anche migliaia di gradi centigradi: quanto di più lontano possa esserci da un ambiente adatto a ospitare forme di vita.

Con l'aumentare della precisione degli strumenti e il lancio del telescopio spaziale Kepler nel 2009, la scienza che studia i pianeti extrasolari ha subito una forte accelerazione negli ultimi 4-5 anni.

Si sono cominciati a scoprire infatti corpi celesti sempre più piccoli e distanti dalle proprie stelle, alcuni dei quali potrebbero addirittura ospitare acqua liquida.

Proprio in quel periodo è stato introdotto e spiegato in dettaglio il concetto di fascia di abitabilità: una zona attorno alla stella in cui le condizioni di temperatura potrebbero garantire al corpo celeste l'esistenza di acqua liquida e requisiti adatti allo sviluppo della vita come la conosciamo.

La fascia di abitabilità è una zona nella quale è teoricamente possibile l'esistenza di acqua liquida sulle superfici planetarie.

Il condizionale è naturalmente d'obbligo, perché già nel nostro Sistema Solare troviamo esempi di corpi celesti all'interno della fascia ma che non hanno affatto sviluppato condizioni propizie alla vita. La Luna, ad esempio, ma anche Marte e Venere si trovano all'interno della fascia di abitabilità (secondo alcune interpretazioni), eppure nessuno di questi ha attualmente condizioni adatte all'esistenza di acqua liquida. Solo la Terra, in effetti, ha trasformato il condizionale che abbiamo utilizzato poche righe sopra in una certezza.

Questa esperienza ci insegna qualcosa di fondamentale: non tutti i corpi celesti all'interno della fascia di abitabilità possono avere condizioni adatte alla vita, ma appare quasi certo che nessuno al di fuori di questa zona sia in grado di ospitare acqua liquida in superficie, quindi forme di vita.

Bene, siamo a buon punto. La domanda seguente è scontata:

conosciamo attualmente pianeti extrasolari che si trovano nella fascia di abitabilità della propria stella?

La risposta è affermativa.

Attualmente sono 7, forse 8, i pianeti che soddisfano questo requisito.

Sono quindi i gemelli della nostra Terra? Ancora no, perché la tecnologia non consente di scoprire pianeti piccoli come la Terra a queste grandi distanze dalle proprie stelle.

I pianeti individuati nelle zone di abitabilità sono giganti gassosi di tipo gioviano, oppure una nuova classe denominata super terre. Questi sono corpi celesti dalle dimensioni simili al nostro pianeta (2-3 volte più grandi), contenenti dalle 3 alle 50 volte la sua massa; probabilmente una via di mezzo tra un pianeta gassoso e uno roccioso.

La super terra più interessante è senza dubbio Kepler-22b, un pianeta extrasolare posto nel mezzo della fascia di abitabilità della propria stella sulla cui superficie si potrebbero sperimentare temperature medie attorno ai 20-30°C.

Questo attualmente è il pianeta più simile al nostro mai trovato, ma le informazioni sono ancora parziali.

I dati più recenti gli attribuiscono un raggio di poco superiore a 2 volte quello terrestre e una massa attorno alle 10 volte. Gli astronomi sono propensi a credere si tratti di un pianeta gassoso e/o liquido, composto quasi interamente di acqua con un piccolo nucleo roccioso.

Il pianeta nella fascia abitabile più piccolo mai scoperto è Gliese 581 g, un corpo celeste 1,65 volte più grande della Terra e con una massa circa 3 volte superiore. Questa super terra, ancora al centro di aspre discussioni circa la sua effettiva presenza, potrebbe sperimentare (se confermata) temperature molto simili a

quelle del nostro pianeta. Sfortunatamente le ultime osservazioni hanno negato l'esistenza di questo pianeta, a conferma di quanto ancora sia difficile identificare questi piccoli e oscuri corpi celesti.

Quanti pianeti ci sono là fuori? E quando arriverà una seconda Terra?

Kepler ha ancora molti altri pianeti da confermare e intanto sta continuamente dando prova della sua super sensibilità, scoprendo oggetti sempre più piccoli. Nei primi giorni del 2012 è stata annunciata la rilevazione di due pianeti rocciosi addirittura simili a Marte, quindi ben più piccoli della Terra. Questi corpi celesti, purtroppo, si trovano troppo vicini alle stelle per rappresentare una flebile speranza per eventuali forme di vita.

Il grande lavoro svolto da questo piccolo ma efficiente telescopio spaziale ha consentito agli astronomi di cominciare ad avere un quadro abbastanza chiaro del numero di pianeti che vi sono sparsi per la Galassia.

Alcune stime effettuate in base a studi sul microlensing gravitazionale (altro metodo per trovare pianeti, soprattutto quelli piccoli) hanno fatto gridare, nella metà del 2012, che probabilmente nella Via Lattea potrebbero esistere più pianeti che stelle, poiché molte hanno sistemi planetari multipli.

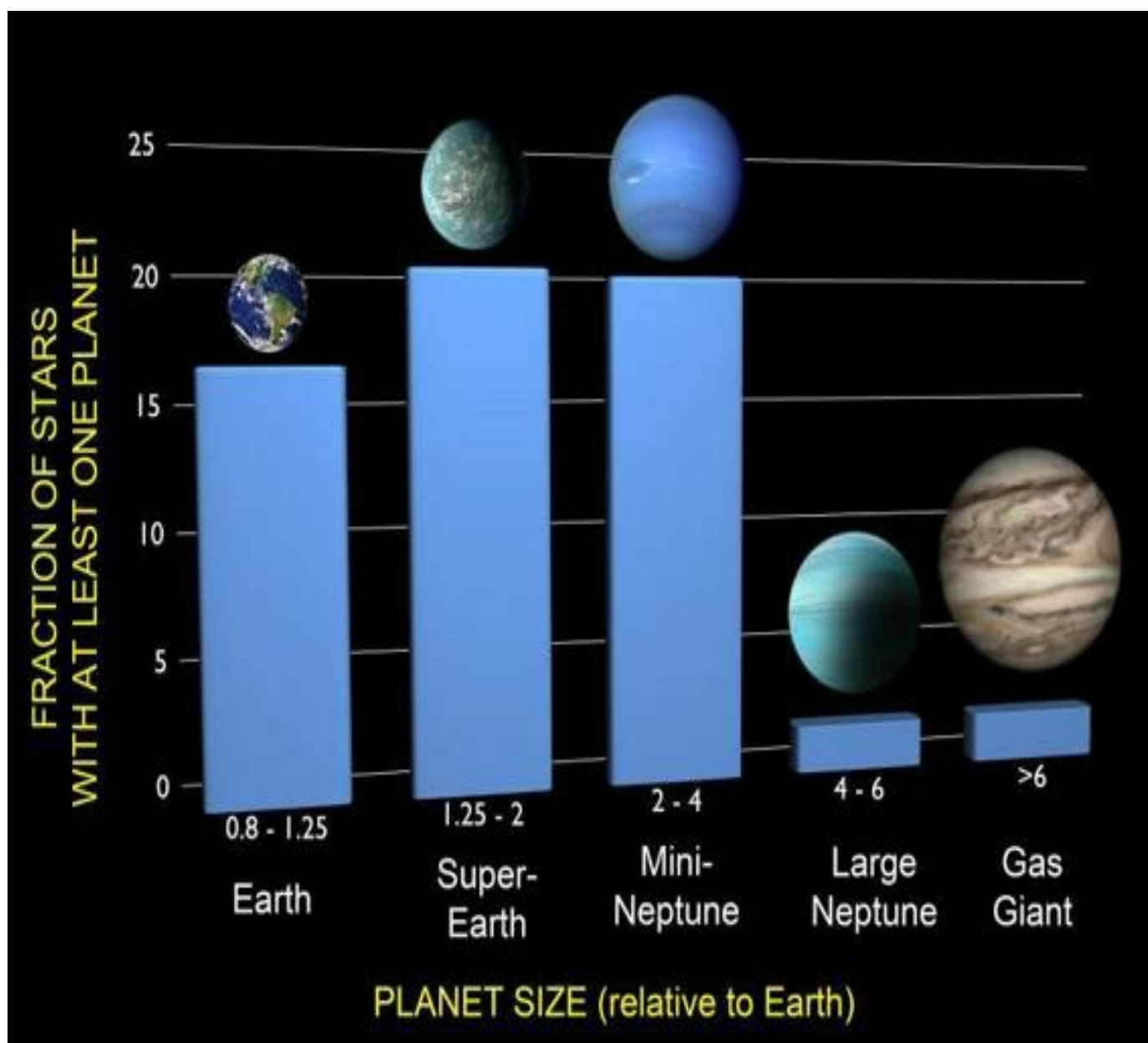
I dati di Kepler, resi pubblici nei primi giorni del 2013 e basati sulle proprie scoperte, affermano che circa il 30-40% delle stelle simili al Sole ospita pianeti molto vicini, di cui un 15% circa possono essere di taglia terrestre.

Questa è una stima in base agli oggetti già scoperti e si limita a considerare quei corpi che orbitano troppo vicini alle stelle per avere speranze di vita, ma è già un ottimo indizio, insieme allo studio effettuato in base agli eventi di microlensing, che possono esserci moltissimi pianeti nella Via Lattea, Terre comprese.

Considerando il numero di stelle nella Galassia, pari ad almeno 100 miliardi, si comprende come anche una piccolissima

percentuale che nella vita di tutti i giorni equivarrebbe a un evento impossibile, nel caso dell'Universo si trasforma in migliaia, milioni, di possibilità potenzialmente molto, molto interessanti.

Se un pianeta come la Terra sia possibile con una possibilità di una su un miliardo, solo nella Via Lattea ne esisterebbero altre 9 almeno, e tra le 300 miliardi di galassie che popolano l'Universo osservabile saliremmo a qualcosa come 3 mila miliardi di pianeti gemelli.

Non ci resta che aspettare… la scoperta del nostro pianeta gemello potrebbe arrivare nel corso di pochi anni.

La percentuale di stelle che ospitano pianeti in orbite molto vicine in funzione della massa dei pianeti. Questi sono gli ultimi dati disponibili su quanto i pianeti siano comuni nella Galassia. Informazioni provenienti dal telescopio Kepler. Gennaio 2013.

Nel prossimo volume

Neofiti: Iniziare a orientarsi nel cielo

Costellazioni: Cancro e Leone

Astrofotografia: Fotografie con tecniche non convenzionali

Ricerca: La fotometria

Astronomia teorica: Il diagramma HR

Astronautica: Le stazioni spaziali

Attualità: Neve e pioggia nel Sistema Solare

Per consigli, critiche, suggerimenti o per inviare materiale (immagini, articoli) scrivetemi a info@danielegasparri.com